



TUGAS AKHIR - MN141581

**ANALISIS TEGANGAN GESER PADA STRUKTUR KAPAL
BULK CARRIER DENGAN DUA LUBANG PALKAH TIAP
RUANG MUAT**

RIZKI YANUAR ARDIANTO
NRP. 4111 100 068

DOSEN PEMBIMBING
Totok Yulianto, S.T., M.T.
Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - 141581

**ANALISIS TEGANGAN GESER PADA STRUKTUR KAPAL
BULK CARRIER DENGAN DUA LUBANG PALKAH TIAP
RUANG MUAT**

RIZKI YANUAR ARDIANTO
NRP. 4111 100 068

Totok Yulianto, S.T., M.T.
Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - MN141581

SHEAR STRESS ANALYSIS ON BULK CARRIER WITH TWO HATCH HOLES IN EVERY CARGO HOLD

RIZKI YANUAR ARDIANTO
NRP. 4111 100 00068

Totok Yulianto, S.T., M.T.
Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEGANGAN GESER PADA STRUKTUR KAPAL BULK CARRIER DENGAN DUA LUBANG PALKAH TIAP RUANG MUAT

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal
Program S1 Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIZKI YANUAR ARDIANTO
NRP. 4111 100 068

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



Totok Yulianto, S.T., M.T.
NIP. 19700731 199512 1 001



Dosen Pembimbing II



Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T.
NIP. 19840921 201212 2 001

SURABAYA, 11 NOVEMBER 2016

LEMBAR REVISI

ANALISIS TEGANGAN GESER PADA STRUKTUR KAPALBULKCARRIERDENGANDUALUBANG PALKAH TIAP RUANG MUAT

TUGASAKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 11 November 2016

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal
Program S1 Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIZKI YANUAR ARDIANTO
NRP. 4111 100 068

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.
2. M. Nurul Misbah, S.T., M.T.
3. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S.T., M.T.
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

SURABAYA, 11 NOVEMBER 2016

Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan adik tercinta atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis sampaikan ke hadirat Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa shalawat serta salam tetap tercurahkan untuk Nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberi petunjuk arah jalan kebenaran dan kebaikan.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik oleh penulis tidak lepas dari dukungan banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ayah Sutoyo, S.Pd., M.M. dan Ibu Suprihatin, S.Pd. tercinta yang telah membesarkan penulis dengan doa, kasih sayang, dukungan, kesabaran dan bimbingan, serta selalu memberikan motivasi pada segala kondisi;
2. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Ibu Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D., Bapak M. Nurul Misbah, S.T., M.T., Bapak Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
5. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan – FTK ITS;
6. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku dosen wali penulis, atas bimbingannya selama penulis menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Perkapalan – FTK ITS;
7. Kepala Laboratorium Komputasi Bapak Solikhan Arief, S.T., M.T. atas ijinnya menggunakan fasilitas laboratorium untuk mengerjakan Tugas Akhir;
8. Semua dosen dan staf karyawan Tata Usaha Jurusan Teknik Perkapalan – FTK ITS;

9. Adik Rizka Dwi Lusiani tersayang yang selalu memberi semangat, doa, dan menginspirasi penulis;
10. Filiani Cynthia Sutra Akbaria, S.Kep., Ns. yang tidak pernah berhenti memberikan doa, dukungan, dan semangat, serta menemani di masa-masa sulit dengan penuh tawa dan kesabaran. Terima kasih telah menjadi “partner” terbaik;
11. Teman-teman kos dan kontrakan, Rayung “Sembon”, Lukman “Cak Man”, Fajar “Syeh”, Rid “Kiprit”, Tuhu “Jhon”, Bogo, Elip “Sentut”, Ali “Kencur”, Arief “Duro”, dan Riadus yang selalu memberi motivasi, ilmu, dan dukungan;
12. Teman-teman Teknik Perkapalan 2011 (P-51 Centerline) sekaligus teman “lembur” Tugas Akhir, Alfi, Arya, Rijal, Inyong, Gilang, Upik, Hadi, Eky, Satrio, Fitra, Didi, Aris, Bagel, Dwi, Dimas H, Dimas N, Nafis, Sultan, Kharis, Syahadi, Anas, Wasis, Kanthi, Nia, Nidia, Hesti, Umay, Afifah, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu;
13. Teman-teman alumni SMAN 1 Kedungwaru (SMARIDUTA) di ITS, Indra “Basong”, Fivid “Kojor”, Rayung “Sembon”, Martian “Bagong”, Chusnul, Mara, Yulia, Rizka, dan Diana;
14. Mas Ricky P-50 atas bantuan, informasi, dan data yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan;
15. Mas, mbak, dan adik-adik pengurus IECC BEM ITS Mahakarya dan Muda Bersahabat yang tidak bisa disebutkan satu per satu;
16. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Surabaya, 11 November 2016

Rizki Yanuar Ardianto

ANALISIS TEGANGAN GESER PADA STRUKTUR KAPAL BULK CARRIER DENGAN DUA LUBANG PALKAH TIAP RUANG MUAT

Nama Mahasiswa : Rizki Yanuar Ardianto
NRP : 4111 100 068
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Totok Yulianto, S.T., M.T.
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.

ABSTRAK

Abstrak- Distribusi beban yang tidak merata dan gelombang air laut yang tidak beraturan pada saat kapal berlayar menyebabkan terjadinya tegangan dan regangan pada struktur kapal. Salah satu tegangan yang bekerja pada struktur kapal *bulk carrier* adalah tegangan geser. Analisis tegangan geser perlu dilakukan untuk memeriksa kekuatan struktur kapal. Salah satu regulasi yang mengatur tentang standar perhitungan kekuatan kapal bulk carrier adalah *Common Structural Rules for Bulk Carrier* (CSR). Tugas akhir ini mengambil studi kasus pada *bulk carrier* 11096 DWT. Perhitungan tegangan geser dilakukan dengan metode elemen hingga (numerik). Dilakukan validasi dengan perhitungan analitik sebelum model elemen hingga diberi pembebanan berdasarkan CSR. Hasil analisis dari tegangan tersebut akan dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan oleh CSR. Tegangan ijin menurut CSR adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Hasil perhitungan numerik akibat momen torsi memenuhi kriteria CSR dengan nilai maksimal adalah $44,9 \text{ N/mm}^2$ yang terjadi pada pelat geladak. Nilai tegangan geser akibat momen bending vertikal dengan pola pemuatan CSR bervariasi. Terdapat kondisi memenuhi dan tidak memenuhi. Untuk kondisi memenuhi adalah pada kondisi pemuatan *full load* (LC 1 P1 dan LC 2 P1), *slack load* (LC 3 P1 dan LC 4 P1), *alternate load* (LC 10 P1), *alternate block load* (LC 11 P1 dan LC 12 P1), dan *harbour condition* (LC 15 dan LC 16). Kondisi tidak memenuhi adalah pada kondisi *deepest ballast* (LC 5), *multiport-3* (LC 6 dan LC 7), *multiport-4* (LC 8 dan LC 9), *alternate load* (LC 10 F2), *alternate block load* (LC 11 H1, LC 11 F2, LC 12 H1, LC 12 F2), dan *heavy ballast* (LC 13 dan LC 14). Tegangan geser terbesar dan tidak memenuhi kriteria terjadi pada pelat geladak dengan nilai 232 N/mm^2 pada kondisi pemuatan *deepest ballast*.

Kata kunci : *bulk carrier*, *CSR for Bulk carrier*, metode elemen hingga, tegangan geser

SHEAR STRESS ANALYSIS ON BULK CARRIER WITH TWO HATCH HOLES IN EVERY CARGO HOLD

Author : Rizki Yanuar Ardianto
ID No. : 4111 100 068
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Totok Yulianto, S.T., M.T.
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.

ABSTRACT

Abstract - Uneven load distribution and irregular wave at the time of sailing cause stress and strain on the ship's structure. One of stress that works on the structure of bulk carrier is shear stress. Analysis of shear stress is necessary to check the strength of the ship's structure. One of the regulations governing the calculation of the strength of standard bulk carrier is *Common Structural Rules for Bulk Carrier*. This thesis took a study on 11096 DWT bulk carrier vessel. Shear stress calculation performed by finite element method (numerical calculation). Finite element model validated with analytical calculation first. Stress result will be compared with the allowable stress by CSR. Allowable stress according to CSR is 153,846 N/mm². The result of numerical calculation due to torsion obtained the largest shear stress on the deck plate with a value of 44,9 N/mm². The value of shear stress due to vertical bending moments and CSR loading pattern varies. There are meet and do not meet conditions. Meet conditions on full load (LC 1 P1 and LC 2 P1), slack load (LC 3 P1 and LC 4 P1), alternate load (LC 10 P1), alternate block load (LC 11 P1 and LC 12 P1), and harbor condition (LC 15 and LC 16). The condition do not meet criteria on deepest ballast (LC 5), multiport-3 (LC 6 and LC 7), multiport-4 (LC 8 and LC 9), alternate load (LC 10 F2), alternate block load (LC 11 H1, LC 11 F2, H1 LC 12, LC 12 F2), and heavy ballast (LC 13 and LC 14). The maximum shear stress and do not meet the criteria occur on the deck plates with a value of 232 N / mm² in deepest ballast loading condition.

Keyword : bulk carrier, CSR for Bulk Carrier, finite element method, shear stress

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan	2
I.4. Batasan Masalah	2
I.5. Manfaat	3
I.6. Hipotesis	3
I.7. Sistematika Penulisan	3
Bab II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
II.1. Tinjauan Pustaka.....	5
II.2. Dasar Teori	6
II.2.1. Pendahuluan	6
II.2.2. Tegangan Geser	7
II.2.3. Gaya geser	8
II.2.4. Torsi.....	8
II.2.5. Momen Bending	9
II.2.6. Tegangan Geser Pada Badan Kapal Akibat Torsi	10
II.2.7. Tegangan Geser Pada Penampang Terbuka	12
II.2.8. Tegangan Geser Pada Penampang Tertutup.....	12
II.2.9. Metode Elemen Hingga (FEM)	13
II.2.10. Langkah Umum Metode Elemen Hingga	13
II.2.11. Tipe Elemen	14
II.2.12. Konvergensi	17
II.2.13. Pemodelan Elemen Hingga.....	18
II.2.14. Ruang Lingkup Model	18
II.2.15. Lingkup Geometri Model	19
II.2.16. Kondisi Batas	20
II.2.17. Kekuatan Memanjang Kapal	21
II.2.18. Kondisi Pembebanan	22
II.2.19. Pola Pembebanan	23
II.2.20. Pembebanan Sesuai Load Case CSR	29
II.2.21. Kriteria Tegangan Geser	40
II.2.22. Kelas dan Grade Material	40

Bab III METODOLOGI	43
III.1. Diagram Alir	43
III.2. Studi literatur	44
III.3. Data Kapal	44
III.4. Perhitungan Momen Torsi CSR	45
III.5. Pemodelan Elemen Hingga (Numerik)	45
III.5.1. Pemilihan dan Penentuan Elemen	45
III.5.2. Modelling	50
III.5.3. Meshing	52
III.5.4. Kondisi batas	54
III.5.5. Konvergensi	56
III.5.6. Pembebanan Torsi Sesuai CSR	56
III.5.7. Running	57
III.5.8. Pembacaan Hasil	57
III.6. Perhitungan Manual Tegangan Geser (Analitik)	60
III.7. Validasi Nilai Tegangan Geser	60
III.8. Pembebanan Sesuai Kondisi Pemuatan CSR	61
III.9. Analisis Tegangan Geser	61
Bab IV VALIDASI	63
Bab V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	69
V.1. Tegangan Geser yang Diijinkan	69
V.2. Analisis Tegangan Geser Akibat Momen Torsi	69
V.3. Analisis Tegangan Geser Akibat Variasi Pemuatan CSR	72
V.3.1. Full Load (LC1 P1)	72
V.3.2. Full Load (LC 2 P1)	76
V.3.3. Slack Load (LC 3 P1)	80
V.3.4. Slack Load (LC 4 P1)	84
V.3.5. Deepest Ballast (LC 5 R1)	88
V.3.6. Deepest Ballast (LC 5 R1)	92
V.3.7. Multiport - 3 (LC 6 H1)	96
V.3.8. Multiport - 3 (LC 7 H1)	100
V.3.9. Multiport – 4 (LC 8 F2)	104
V.3.10. Multiport – 4 (LC 8 P1)	108
V.3.11. Multiport – 4 (LC 9 F2)	112
V.3.12. Multiport – 4 (LC 9 P1)	116
V.3.13. Alternate Load (LC 10 F2)	120
V.3.14. Alternate Load (LC 10 P1)	124
V.3.15. Alternate Block Load (LC 11 H1)	128
V.3.16. Alternate Block Load (LC 11 F2)	132
V.3.17. Alternate Block Load (LC 11 P1)	136
V.3.18. Alternate Block Load (LC 12 H1)	140
V.3.19. Alternate Block Load (LC 12 F2)	144
V.3.20. Alternate Block Load (LC 12 P1)	148
V.3.21. Heavy Ballast (LC 13)	152
V.3.22. Heavy Ballast (LC13)	156
V.3.23. Heavy Ballast (LC 14)	160
V.3.24. Heavy Ballast (LC 14)	164
V.3.25. Harbour Condition (LC 15 1)	168
V.3.26. Harbour Condition (LC 15 2)	172

V.3.27. Harbour Condition (LC 16 1)	176
V.3.28. Harbour Condition (LC 16 2)	180
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN	187
VI.1. Kesimpulan.....	187
VI.2. Saran.....	187
DAFTAR PUSTAKA.....	189
BIODATA PENULIS	197

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Tegangan geser bekerja pada penampang.....	7
Gambar II.2 Gaya geser bekerja pada penampang.....	8
Gambar II.3 Penampang terdeformasi menjadi jajar gejang.....	8
Gambar II.4 Batang pejal lurus dikenai momen.....	9
Gambar II.5 Ilustrasi momen bending pada batang pejal.....	10
Gambar II.6 Kapal mengalami puntiran.....	10
Gambar II.7 Defleksi akibat torsi dari balok prisma ber dinding tipis pada penampang terbuka.....	11
Gambar II.8 Geometri penampang tertutup.....	12
Gambar II.9 <i>Truss element</i>	15
Gambar II.10 <i>Beam element</i>	15
Gambar II.11 Elemen 2D.....	15
Gambar II.12 <i>Membran element</i>	16
Gambar II.13 <i>Plate element</i>	16
Gambar II.14 <i>3D element</i>	17
Gambar II.15 Contoh hasil konvergensi.....	17
Gambar II.16 Contoh model elemen hingga.....	18
Gambar II.17 Ketebalan rata-rata web girder dan lebar lubang yang dimodelkan.....	19
Gambar II.18 Definisi gelombang pada EDW “H” dan “F”.....	26
Gambar II.19 Definisi gelombang pada kondisi EDW “R” dan “P”.....	27
Gambar II.20 Distribusi tekanan hidrostatik.....	29
Gambar II.21 Distribusi beban pF2 pada tengah kapal.....	31
Gambar II.22 Definisi x_B , y_B , z_B	39
Gambar III.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir.....	44
Gambar III.2 <i>Element library</i> untuk <i>beam element</i>	46
Gambar III.3 <i>Element library</i> untuk <i>shell element</i>	47
Gambar III.4 <i>Beam tool</i> untuk mendefinisikan ukuran profil pada <i>beam element</i>	47
Gambar III.5 <i>Create and modify shell section</i> untuk memasukkan tebal pelat pada <i>shell element</i>	48
Gambar III.6 <i>Material Model Behavior</i>	49
Gambar III.7 <i>Linear Isotropic Properties</i>	49
Gambar III.8 <i>Density of material</i>	50
Gambar III.9 <i>Keypoint</i>	50
Gambar III.10 <i>Lines</i>	51
Gambar III.11 <i>Area</i>	51
Gambar III.12 Tampilan model dalam plot area.....	52
Gambar III.13 <i>Mesh tool</i>	53
Gambar III.14 Tampilan model sebelum dilakukan meshing.....	53
Gambar III.15 Tampilan model setelah dilakukan meshing.....	54
Gambar III.16 Node pada ujung penampang.....	55
Gambar III.17 Penentuan kondisi batas pada rigid link.....	55
Gambar III.18 Penentuan kondisi batas pada independent point.....	56
Gambar III.19 Input nilai torsi.....	56

Gambar III.20 Tampilan pada saat running	57
Gambar III.21 Pemilihan hasil perhitungan pada <i>AnsysMechanical</i>	58
Gambar III.22. Tampilan <i>plotresult</i>	58
Gambar III.23. Tampilan <i>listresult</i>	59
Gambar III.24. Tampilan <i>queryresult</i>	59
Gambar III.25 Plot result tegangan	60
Gambar IV.1 Model setelah running	63
Gambar IV.2 Model dengan plot tegangan geser pada bidang XZ	64
Gambar IV.3 Model geladak dengan plot tegangan geser bidang XZ	64
Gambar IV.4 Model dengan plot tegangan geser pada bidang YZ	65
Gambar IV.5 Model pelat sisi atas dengan plot tegangan geser bidang XZ	65
Gambar IV.6 Model dengan plot tegangan geser pada bidang YZ	66
Gambar IV.7 Model pelat sisi bawah dengan plot tegangan geser bidang YZ	66
Gambar IV.8 Model dengan plot tegangan geser pada bidang XZ	67
Gambar IV.9 Model pelat alas dengan plot tegangan geser bidang XZ	67
Gambar V.1 Visualisasi model setelah running akibat beban torsi	69
Gambar V.2 Plot model pelat geladak	70
Gambar V.3 Plot model pelat sisi	70
Gambar V.4 Plot model girder	71
Gambar V.5 Plot model alas	71
Gambar V.6 Pola pemuatan pada LC 1	72
Gambar V.7 Plot full model	73
Gambar V.8 Plot model pelat geladak	73
Gambar V.9 Plot model pelat sisi	74
Gambar V.10 Plot <i>center girder</i> dan <i>side girder</i>	74
Gambar V.11 Plot pelat hopper	75
Gambar V.12 Plot pelat alas	75
Gambar V.13 Pola pemuatan LC 2	76
Gambar V.14 Plot full model	77
Gambar V.15 Plot model pelat geladak	77
Gambar V.16 Plot model pelat sisi	78
Gambar V.17 Plot model <i>girder</i>	78
Gambar V.18 Plot model pelat <i>hopper</i>	79
Gambar V.19 Plot model pelat alas	79
Gambar V.20 Pola pemuatan LC 3	80
Gambar V.21 Plot full model	81
Gambar V.22 Plot model pelat geladak	81
Gambar V.23 Plot model pelat sisi	82
Gambar V.24 Plot model <i>girder</i>	82
Gambar V.25 Plot model pelat <i>hopper</i>	83
Gambar V.26 Plot model pelat alas	83
Gambar V.27 Pola pemuatan LC 4	84
Gambar V.28 Plot full model	85
Gambar V.29 Plot model pelat geladak	85
Gambar V.30 Plot model pelat sisi	86
Gambar V.31 Plot model <i>girder</i>	86
Gambar V.32 Plot model pelat <i>hopper</i>	87
Gambar V.33 Plot pelat alas	87
Gambar V.34 Pola Pemuatan LC 5	88

Gambar V.35 Plot full model	89
Gambar V.36 Plot model pelat geladak	89
Gambar V.37 Plot model pelat sisi	90
Gambar V.38 Plot model girder	90
Gambar V.39 Pelat <i>hopper</i>	91
Gambar V.40 Plot model pelat alas	91
Gambar V.41 Pola Pemuatan LC 5	92
Gambar V.42 Plot full model	93
Gambar V.43 Plot model pelat geladak	93
Gambar V.44 Plot model pelat sisi	94
Gambar V.45 Plot model <i>girder</i>	94
Gambar V.46 Plot model pelat <i>hopper</i>	95
Gambar V.47 Plot model pelat alas	95
Gambar V.48 Pola pemuatan LC 6	96
Gambar V.49 Plot full model	97
Gambar V.50 Plot model pelat geladak	97
Gambar V.51 Plot model pelat sisi	98
Gambar V.52 Plot model <i>girder</i>	98
Gambar V.53 Plot model pelat <i>hopper</i>	99
Gambar V.54 Plot model pelat alas	99
Gambar V.55 Pola pemuatan LC 7	100
Gambar V.56 Plot full model	101
Gambar V.57 Plot model pelat geladak	101
Gambar V.58 Plot model pelat sisi	102
Gambar V.59 Plot model girder	102
Gambar V.60 Plot model pelat <i>hopper</i>	103
Gambar V.61 Plot model pelat alas	103
Gambar V.62 Pola pemuatan LC 8 F2	104
Gambar V.63 Plot full model	105
Gambar V.64 Plot model pelat geladak	105
Gambar V.65 Plot model pelat sisi	106
Gambar V.66 Plot model <i>girder</i>	106
Gambar V.67 Plot model pelat <i>hopper</i>	107
Gambar V.68 Plot model pelat alas	107
Gambar V.69 Pola pemuatan LC 8 P1	108
Gambar V.70 Plot full model	109
Gambar V.71 Plot model pelat geladak	109
Gambar V.72 Plot model pelat sisi	110
Gambar V.73 Plot model <i>girder</i>	110
Gambar V.74 Plot pelat <i>hopper</i>	111
Gambar V.75 Plot model pelat alas	111
Gambar V.76 Pola pemuatan LC 9 F2	112
Gambar V.77 Plot full model	113
Gambar V.78 Plot pelat geladak	113
Gambar V.79 Plot model pelat sisi	114
Gambar V.80 Plot model <i>girder</i>	114
Gambar V.81 Plot pelat <i>hopper</i>	115
Gambar V.82 Plot pelat alas	115
Gambar V.83 Pola pemuatan LC 9 P1	116

Gambar V.84 Plot full model	117
Gambar V.85 Plot model geladak.....	117
Gambar V.86 Plot model pelat sisi.....	118
Gambar V.87 Plot model <i>girder</i>	118
Gambar V.88 Plot model pelat hopper	119
Gambar V.89 Plot model pelat alas	119
Gambar V.90 Pola pemuatan LC 10 F2	120
Gambar V.91 Plot full model	121
Gambar V.92 Plot model pelat geladak.....	121
Gambar V.93 Plot model pelat sisi.....	122
Gambar V.94 Plot <i>girder</i>	122
Gambar V.95 Plot pelat <i>hopper</i>	123
Gambar V.96 Plot pelat alas	123
Gambar V.97 Pola pemuatan LC 10 P1	124
Gambar V.98 Plot full model	125
Gambar V.99 Plot pelat geladak.....	125
Gambar V.100 Plot model pelat sisi.....	126
Gambar V.101 Plot model <i>girder</i>	126
Gambar V.102 Plot pelat <i>hopper</i>	127
Gambar V.103 Plot pelat alas	127
Gambar V.104 Pola pemuatan LC 11 H1	128
Gambar V.105 Plot full model	129
Gambar V.106 Plot model pelat geladak.....	129
Gambar V.107 Plot model pelat sisi.....	130
Gambar V.108 Plot model <i>girder</i>	130
Gambar V.109 Plot model pelat <i>hopper</i>	131
Gambar V.110 Plot model pelat alas	131
Gambar V.111 Pola pemuatan LC 11 F2	132
Gambar V.112 Plot full model	133
Gambar V.113 Plot model geladak.....	133
Gambar V.114 Plot model pelat sisi.....	134
Gambar V.115 Plot model <i>girder</i>	134
Gambar V.116 Plot model pelat <i>hopper</i>	135
Gambar V.117 Plot model pelat alas	135
Gambar V.118 Pola pemuatan LC 11 P1	136
Gambar V.119 Plot full model	137
Gambar V.120 Plot model pelat geladak.....	137
Gambar V.121 Plot model pelat sisi.....	138
Gambar V.122 Plot model <i>girder</i>	138
Gambar V.123 Plot model pelat hopper	139
Gambar V.124 Plot model pelat alas	139
Gambar V.125 Pola pemuatan LC 12 H1	140
Gambar V.126 Plot full model	141
Gambar V.127 Plot model pelat geladak.....	141
Gambar V.128 Plot model pelat sisi.....	142
Gambar V.129 Plot model <i>girder</i>	142
Gambar V.130 Plot model pelat <i>hopper</i>	143
Gambar V.131 Plot model pelat alas	143
Gambar V.132 Pola pemuatan LC 12 F2	144

Gambar V.133 Plot full model	145
Gambar V.134 Plot model pelat geladak	145
Gambar V.135 Plot model pelat sisi	146
Gambar V.136 Plot model <i>girder</i>	146
Gambar V.137 Plot model pelat <i>hopper</i>	147
Gambar V.138 Plot model pelat alas	147
Gambar V.139 Pola pemuatan LC 12 P1	148
Gambar V.140 Plot full model	149
Gambar V.141 Plot model pelat geladak	149
Gambar V.142 Plot model pelat sisi	150
Gambar V.143 Plot model <i>girder</i>	150
Gambar V.144 Plot model pelat <i>hopper</i>	151
Gambar V.145 Plot model pelat alas	151
Gambar V.146 Pola pemuatan LC 13	152
Gambar V.147 Plot full model	153
Gambar V.148 Plot model pelat geladak	153
Gambar V.149 Plot model pelat sisi	154
Gambar V.150 Plot model <i>girder</i>	154
Gambar V.151 Plot model pelat <i>hopper</i>	155
Gambar V.152 Plot model pelat alas	155
Gambar V.153 Pola pemuatan LC 13	156
Gambar V.154 Plot full model	157
Gambar V.155 Plot model pelat geladak	157
Gambar V.156 Plot model pelat sisi	158
Gambar V.157 Plot model <i>girder</i>	158
Gambar V.158 Plot model pelat <i>hopper</i>	159
Gambar V.159 Plot model pelat alas	159
Gambar V.160 Pola pemuatan LC 14	160
Gambar V.161 Plot full model	161
Gambar V.162 Plot model pelat geladak	161
Gambar V.163 Plot model pelat sisi	162
Gambar V.164 Plot model <i>girder</i>	162
Gambar V.165 Plot model pelat <i>hopper</i>	163
Gambar V.166 Plot model pelat alas	163
Gambar V.167 Pola pemuatan LC 14	164
Gambar V.168 Plot full model	165
Gambar V.169 Plot model pelat geladak	165
Gambar V.170 Plot model pelat sisi	166
Gambar V.171 Plot model <i>girder</i>	166
Gambar V.172 Plot model <i>hopper</i>	167
Gambar V.173 Plot model pelat alas	167
Gambar V.174 Pola pemuatan LC 15	168
Gambar V.175 Plot full model	169
Gambar V.176 Plot model pelat geladak	169
Gambar V.177 Plot model pelat sisi	170
Gambar V.178 Plot model <i>girder</i>	170
Gambar V.179 Plot model pelat <i>hopper</i>	171
Gambar V.180 Plot model pelat alas	171
Gambar V.181 Pola pemuatan LC 15	172

Gambar V.182 Plot full model	173
Gambar V.183 Plot model pelat geladak	173
Gambar V.184 Plot model pelat sisi	174
Gambar V.185 Plot model girder	174
Gambar V.186 Plot model pelat <i>hopper</i>	175
Gambar V.187 Plot model pelat alas	175
Gambar V.188 Pola pemuatan LC 16.....	176
Gambar V.189 Plot full model	177
Gambar V.190 Plot model pelat geladak	177
Gambar V.191 Plot model pelat sisi	178
Gambar V.192 Plot model <i>girder</i>	178
Gambar V.193 Plot model pelat <i>hopper</i>	179
Gambar V.194 Plot model pelat alas	179
Gambar V.195 Pola pemuatan LC 16.....	180
Gambar V.196 Plot full model	181
Gambar V.197 Plot model pelat geladak	181
Gambar V.198 Plot model pelat sisi	182
Gambar V.199 Plot model <i>girder</i>	182
Gambar V.200 Plot model pelat <i>hopper</i>	183
Gambar V.201 Plot model pelat alas	183

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 <i>Rigid link</i> pada kedua ujung model.....	20
Tabel II.2 <i>Independent point</i> pada kedua ujung model.	21
Tabel II.3 Pola pembebanan.	23
Tabel II.4 Momen bending vertikal air tenang (<i>Vertical Still Water Bending Moment</i>).	25
Tabel II.5 Gaya lintang vertikal air tenang (<i>Vertical Still Water Shear Force</i>).	26
Tabel II.6 Definisi <i>load case</i>	27
Tabel II.7 Hubungan antara gerak kapal dan beban kapal.	28
Tabel II.8 Faktor kombinasi beban.....	28
Tabel II.9 Persamaan Tekanan Hidrostatik.....	29
Tabel II.10 Persamaan tekanan hidrodinamik	30
Tabel II.11 Formula kr dan GM di setiap kondisi pembebanan.(<i>CSR Bulk Carrier</i>).....	32
Tabel II.12 Persamaan Perhitungan <i>Load Case P</i>	32
Tabel II.13 Tabel massa jenis muatan	33
Tabel II.14 Faktor kombinasi beban setiap loading condition	36
Tabel II.15 Faktor material k.....	40
Tabel II.16 Kelas material untuk kelas I, II, dan III	40
Tabel II.17 Standar kelas dan grade material secara umum	41
Tabel III.1 <i>Rigid link</i> pada kedua ujung model.	54
Tabel III.2 <i>Independent point</i> pada kedua ujung model.....	55
Tabel IV.1 Tabel perbandingan nilai tegangan geser.....	64
Tabel IV.2 Tabel perbandingan nilai tegangan geser.....	65
Tabel IV.3 Tabel perbandingan nilai tegangan geser.....	66
Tabel IV.4 Tabel perbandingan nilai tegangan geser.....	67
Tabel V.1 Resume tegangan geser akibat beban torsi.....	72
Tabel V.2 Resume hasil tegangan geser LC 1	76
Tabel V.3 Resume hasil tegangan geser LC2.....	80
Tabel V.4 Resume hasil tegangan geser LC 3.....	84
Tabel V.5 Resume hasil tegangan geser LC 4.....	88
Tabel V.6 Resume tegangan geser LC 5	92
Tabel V.7 Resume tegangan geser LC 5	96
Tabel V.8 Resume hasil tegangan geser LC 6.....	100
Tabel V.9 Resume tegangan geser LC 7	104
Tabel V.10 Resume tegangan geser LC 8 F2	108
Tabel V.11 Resume tegangan geser LC 8 P1	112
Tabel V.12 Resume tegangan geser LC 9F2	116
Tabel V.13 Resume tegangan geser LC 9 P1	120
Tabel V.14 Resume tegangan geser LC 10 F2	124
Tabel V.15 Resume tegangan geser LC 10 P1	128
Tabel V.16 Resume tegangan geser LC 11	132
Tabel V.17 Resume tegangan geser LC 11 F2	136
Tabel V.18 Resume tegangan geser LC 11 P1	140
Tabel V.19 Resume tegangan geser LC 12 H1	144
Tabel V.20 Resume tegangan geser LC 12 F2	148

Tabel V.21 Resume tegangan geser LC 12 P1	152
Tabel V.22 Resume tegangan geser LC 13	156
Tabel V.23 Resume tegangan geser LC 13	160
Tabel V.24 Resume tegangan LC 14.....	164
Tabel V.25 Resume tegangan geser LC 14	168
Tabel V.26 Resume tegangan geser LC 15	172
Tabel V.27 Resume tegangan geser LC 15	176
Tabel V.28 Resume tegangan geser LC 16	180
Tabel V.29 Resume tegangan geser LC 16	184
Tabel V.30 Resume hasil analisis semua kondisi pembebanan.....	184

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Bulk carrier merupakan jenis kapal yang memiliki spesifikasi untuk mengangkut muatan curah, di mana muatan diletakkan dengan cara mencurahkan muatan tanpa adanya peti kemas. Berdasarkan jenis muatannya *bulk carrier* dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu *grain carrier* (biji tumbuh-tumbuhan), *ore carrier* (bijih tambang), *coal carrier* (batu bara), *oil ore carrier* (batu bara dan minyak secara bergantian), dan *coal ore carrier* (batu bara dan bijih besi secara bergantian).

Muatan *bulk carrier* umumnya mempunyai massa dan berat jenis yang besar, sebagai contoh bijih besi dan batu bara sehingga menyebabkan pengaruh pada kekuatan struktur kapal. Terdapat banyak kasus *bulk carrier* yang mengalami kecelakaan karena kegagalan struktur, beberapa diantaranya adalah Mount Olympus, Leros Strenght, Flare, Sanaga, China Progress, Leader, Highland Faith, dan Kamikawa Maru. *Bulk carrier* mempunyai beberapa kelemahan diantaranya:

- Diperlukan estimasi yang teliti tentang distribusi muatan yang tepat karena distribusi muatan yang salah akan menyebabkan tegangan yang tinggi pada suatu titik sehingga bisa menyebabkan kegagalan struktur.
- Pemuatan harus sesuai *loading manual*.
- Terdapat banyak bagian kritis pada stuktur *bulk carrier* seperti *vertikal hold frame*, *transverse bulk heads*, *cross deck structure*, dan *fore end structure* di mana mudah terjadi tegangan yang tinggi.
- Dek *bulk carrier* yang luas mempersulit deteksi korosi.

Karena terdapat beberapa bagian kritis pada struktur kapal yang mudah terjadi konsentrasi tegangan, perlu dilakukan analisis terhadap struktur *bulk carrier* sebagai upaya untuk meningkatkan keamanan bagi industri terkait seperti industri perkapalan dan pelayaran. Regulasi mengenai kekuatan dan keamanan struktur kapal sudah banyak dikeluarkan oleh badan klasifikasi. Di antara regulasi yang berlaku saat ini adalah *Common Structural Rules (CSR)*. CSR adalah regulasi yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh IACS (*International Association of Classification Societies*). Terdapat dua jenis CSR, yaitu *CSR for Oil Tankers*

dan *CSR for Bulk Carriers*. Dalam tugas akhir ini dibahas tentang *bulk carrier* sehingga dipakai *CSR for Bulk Carrier* sebagai regulasi acuan.

Tugas akhir ini mengambil objek penelitian *bulk carrier* 11096 DWT. Kapal ini mempunyai ciri khas yang sedikit berbeda dengan *bulk carrier* yang lain, *bulk carrier* pada umumnya hanya mempunyai satu lubang palkah untuk tiap kargo, tetapi kapal ini mempunyai dua lubang palkah untuk tiap kargo sehingga perlu ditinjau dari segi kekuatan strukturnya.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang diambil dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menentukan tegangan geser yang terjadi akibat momen torsi maksimum?
2. Berapa besar nilai tegangan geser akibat momen torsi maksimum?
3. Bagaimana menentukan tegangan geser menggunakan metode elemen hingga dengan pemodelan dan pembebanan berdasarkan CSR?
4. Apakah tegangan geser pada kapal tersebut memenuhi persyaratan klasifikasi?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan metode untuk menghitung tegangan geser akibat momen torsi maksimum.
2. Menentukan besarnya tegangan geser akibat momen torsi maksimum.
3. Menentukan tegangan geser menggunakan metode elemen hingga dengan pemodelan dan pembebanan berdasarkan CSR.
4. Membandingkan perhitungan tegangan geser dari hasil pemodelan elemen hingga (numerik) dengan tegangan yang diijinkan oleh CSR.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Kapal yang akan dijadikan studi kasus adalah *bulk carrier* dengan kapasitas 11096 DWT.
2. Regulasi yang digunakan untuk pemodelan elemen hingga adalah *Common Structural Rules for Bulk Carrier*.
3. Pemodelan elemen hingga menggunakan *finite element software*.

I.5. Manfaat

Manfaat tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui dan memahami proses pemodelan elemen hingga sesuai dengan aturan *Common Structural Rules*.
2. Mengetahui dan memahami analisis tegangan geser dengan metode manual (analitik) dan pemodelan elemen hingga (numerik) sesuai *Common Structural Rules*.

I.6. Hipotesis

Tegangan geser pada kontruksi geladak besar karena terdapat banyak bukaan (palkah).

I.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi konsep dasar penyusunan tugas akhir yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan, dan manfaat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas tentang beberapa penelitian sebelumnya yang mempunyai tema sama. Dibahas pula teori perhitungan tegangan geser, aturan dalam pemodelan elemen hingga berdasarkan regulasi *Common Structural Rules for Bulk Carriers*, pembebanan elemen hingga, teori kekuatan memanjang kapal, dan teori tegangan geser akibat momen torsi pada penampang kapal.

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini dibahas mengenai langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir serta metode-metode yang digunakan untuk mencari nilai tegangan geser.

BAB 4 VALIDASI

Pada bab ini dibahas tentang validasi model yang digunakan untuk memastikan bahwa model *finite element* sudah mewakili benda sebenarnya.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas hasil tegangan geser pemodelan elemen hingga yang kemudian dilakukan perbandingan tegangan geser yang diijinkan oleh CSR.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil tugas akhir yang telah diselesaikan dan saran-saran yang berguna untuk pengembangan lebih lanjut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

II.1. Tinjauan Pustaka

Tegangan dan regangan bekerja pada struktur kapal pada saat kapal berlayar. Salah satu tegangan yang bekerja pada struktur kapal adalah tegangan geser. Analisis tegangan geser perlu dilakukan untuk memeriksa kekuatan struktur kapal. Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa penelitian, terdapat beberapa penelitian yang terkait dengan analisis tegangan geser pada struktur kapal.

Penelitian pertama membahas analisis tegangan geser pada kapal *bulk carrier*. Tegangan geser terjadi akibat gaya geser (*shear force*) dan momen torsi. Analisis dilakukan dengan dua metode yaitu metode numerik dan analitik. Metode numerik mengacu pada *Common Structural Rules for Bulk Carrier (CSR)*, sedangkan metode analitik menggunakan teori *hull girder respon analysis* (Hughes, 1983). Tegangan geser yang terjadi kemudian dibandingkan dengan tegangan geser yang diijinkan oleh CSR. Konstruksi dengan nilai tegangan geser melebihi kriteria diperkuat agar memenuhi standar CSR. Hasil dari penelitian tersebut di antaranya adalah tegangan geser akibat *shear force* dengan perhitungan analitik memenuhi kriteria tegangan geser CSR, tegangan geser akibat momen torsi dengan perhitungan analitik menghasilkan beberapa bagian yang melampaui kriteria tegangan geser CSR, dan nilai tegangan geser yang diperoleh dari metode numerik menghasilkan beberapa bagian konstruksi yang melampaui kriteria tegangan geser CSR. Konstruksi dengan tegangan geser melampaui kriteria CSR kemudian dilakukan penebalan pelat (Yulianto, 2011).

Penelitian kedua membahas analisis tegangan geser pada struktur kapal kontainer. Tegangan geser terjadi akibat gaya geser (*shear force*) dan momen torsi. Analisis dilakukan dengan dua metode yaitu metode numerik dan analitik. Metode numerik mengacu pada regulasi RINA, sedangkan metode analitik menggunakan teori *hull girder respon analysis* (Hughes, 1983). Tegangan geser yang terjadi kemudian dibandingkan dengan tegangan geser yang diijinkan oleh BKI. Hasil dari penelitian tersebut adalah semua tegangan geser baik dari perhitungan analitik maupun numerik memenuhi kriteria tegangan geser dari BKI (Prasetyatama, 2012).

Penelitian ketiga membahas analisis tegangan geser pada struktur cincin kapal *chemical tanker*. Tegangan geser terjadi akibat gaya geser (*shear force*). Analisis dilakukan dengan dua metode yaitu metode numerik dan analitik. Metode numerik mengacu pada regulasi RINA, sedangkan metode analitik menggunakan teori *hull girder respon analysis* (Hughes, 1983). Tegangan geser yang terjadi kemudian dibandingkan dengan tegangan geser yang diijinkan oleh RINA. Hasil dari penelitian tersebut adalah semua tegangan geser baik dari perhitungan analitik maupun numerik memenuhi kriteria tegangan geser dari RINA (Oktovianto, 2012).

Beberapa penelitian di atas memiliki persamaan dengan penelitian yang penulis lakukan yaitu mengenai tema. Tema yang diteliti sama yaitu meneliti tentang tegangan geser. Perbedaannya adalah pada objek dan sebab terjadinya tegangan geser. Objek penelitian adalah kapal *bulk carrier*. Penulis melakukan analisis tegangan geser secara analitik akibat momen torsi menggunakan teori *hull girder respon analysis* (Hughes, 1983). Sedangkan analisis tegangan geser akibat *shear force* tidak dilakukan. Hasil dari perhitungan analitik akibat momen torsi tersebut kemudian dipakai sebagai validasi model untuk analisis numerik. Analisis numerik meliputi aturan pemodelan dan pembebanan mengacu pada *CSR for Bulk Carrier*. Hasil tegangan geser dari analisis numerik kemudian dibandingkan dengan kriteria tegangan geser CSR.

II.2. Dasar Teori

II.2.1. Pendahuluan

Bulk carrier merupakan jenis kapal yang memiliki spesifikasi untuk mengangkut muatan curah, dimana muatan diletakkan dengan cara mencurahkan muatan tanpa adanya peti kemas. Berdasarkan jenis muatannya *bulk carrier* dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu *grain carrier* (biji tumbuh-tumbuhan), *ore carrier* (bijih tambang), *coal carrier* (batu bara), *oil ore carrier* (batu bara dan minyak secara bergantian), dan *coal ore carrier* (batu bara dan bijih besi secara bergantian).

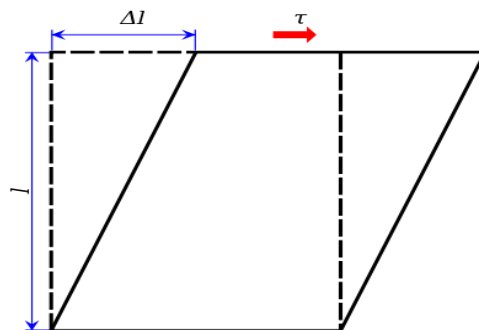
Bulk carrier adalah kapal yang mengangkut muatan curah, berdasarkan bobot matinya kapal ini dibedakan menjadi (DNV, 2011):

1. *Handy size*, adalah *bulk carrier* dengan displasemen berkisar antara 25.000 – 50.000 ton dan sarat kurang dari 11,5 m. Disebut *handy size* karena mempunyai ukuran yang dapat berlabuh pada sebagian besar pelabuhan di dunia.
2. *Handy max*, adalah *bulk carrier* dengan displasemen berkisar antara 35.000-50.000 ton.

3. *Panamax*, adalah *bulk carrier* yang berukuran lebih besar daripada *handy size*, karena didesain untuk dimensi maksimum (utamanya lebar maksimum) yang dapat melewati Kanal Panama. Batas ukuran panjang kapal (Loa) 289,5 m, lebar maksimum 32,2 m dan sarat maksimum 12,04 m, mempunyai tonase 50.000-100.000 ton. *Panama bulk carrier* digunakan sebagai alat transportasi dengan volume muatan curah yang besar seperti batu bara, bauksit, dan bijih besi dengan jarak pelayaran yang jauh.
4. *Cape size*, adalah *bulk carrier* yang mempunyai *deadweight* antara 100.000-180.000 ton. Sarat untuk muatan penuh berkisar 17 m. Pada awalnya mempunyai *deadweight* antara 100.000 – 140.000. Dan akhir akhir ini untuk kapal yang baru lebih terkonsentrasi pada *deadweight* 140.000-160.000 ton. Dengan kriteria tersebut kapal ini hanya dapat berlabuh di sebagian kecil pelabuhan di dunia ini.
5. *Very large bulk carrier*, adalah kapal *bulk carrier* yang mempunyai *deadweight* lebih besar dari 180.000 ton. Mempunyai rute pelayaran Brazil/Eropa dan Australia/Jepang.

II.2.2. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya yang bekerja sejajar dengan penampang penahan gaya.

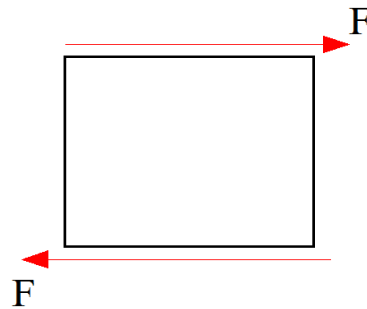


Gambar II.1 Tegangan geser bekerja pada penampang

Dari Gambar II.1 dapat diketahui bahwa gaya geser diberikan pada bagian atas penampang dan bagian bawah tetap sehingga bagian atas akan terdeformasi. Penampang yang semula berbentuk persegi berubah menjadi jajar genjang. Tegangan geser biasa disebabkan oleh gaya geser atau torsi. Satuan SI untuk tegangan adalah pascal (N/m^2) sedangkan satuan USCS adalah pound per square inch (lb/in^2).

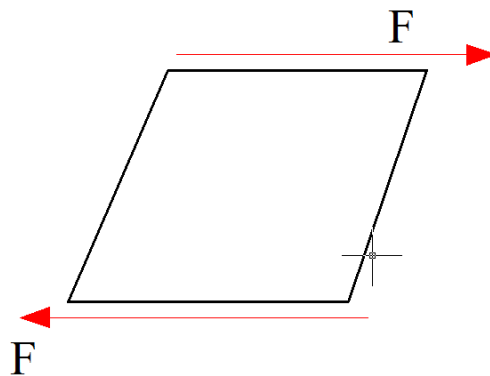
II.2.3. Gaya geser

Gaya geser adalah gaya yang bekerja sejajar pada penampang penahan gaya. Gaya geser ini mendorong satu bagian penampang ke satu arah, dan mendorong bagian yang lain ke arah yang lain. Definisi yang jelas dapat dilihat pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Gaya geser bekerja pada penampang

Pada Gambar II.2 dapat diketahui bahwa gaya geser bekerja pada bagian atas dari penampang ke arah kanan sedang gaya geser pada bagian bawah bekerja ke arah kiri. Akibat gaya geser tersebut penampang akan terdeformasi menjadi jajar genjang. Satuan SI gaya geser adalah newton (N) sedangkan satuan USCS adalah pound (lb). Definisi gaya geser yang jelas dapat dilihat pada Gambar II.3.

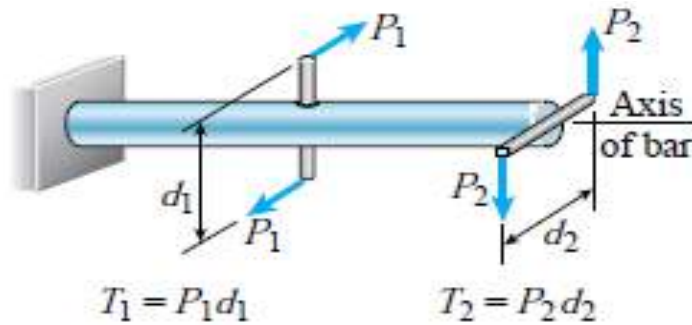


Gambar II.3 Penampang terdeformasi menjadi jajar genjang

II.2.4. Torsi

Torsi mengacu pada terpuntirnya batang pejal lurus akibat beban momen atau *torque* sehingga menghasilkan rotasi pada sumbu memanjang batang. Contoh kasus ideal beban torsional ditunjukkan pada Gambar II.4 di mana digambarkan sebuah batang pejal lurus dengan satu ujung bebas dan ujung lainnya dijepit. Batang tersebut dibebani oleh dua pasang gaya yang sama besar dan berlawanan arah. Satu gaya diumpamakan sebagai P_1 diterapkan dekat *midpoint* dari batang dan gaya ke dua diumpamakan P_2 diterapkan pada ujung batang. Masing-masing pasang gaya membentuk kopel yang memuntir batang pada sumbu

memanjangnya. Momen kopel yang terjadi sama dengan perkalian besarnya gaya dan panjang garis dimana gaya diterapkan. Sehingga kopel pertama menghasilkan $T_1 = P_1 d_1$ dan kopel kedua menghasilkan $T_2 = P_2 d_2$ (Gere, 2004).



Gambar II.4 Batang pejal lurus dikenai momen
(Gere, 2004)

Satuan SI untuk torsi adalah newton meter (N.m) sedangkan untuk satuan USCS adalah pound-foot (lb-ft)

Besar nilai torsi menurut *CSR Bulk Carrier* dapat dihitung dengan rumus:

$$M_{WT} = fp (|M_{WT1}| + |M_{WT2}|) \quad (2.1)$$

Dimana:

$$M_{WT1} = 0,4 \cdot C \sqrt{\frac{L}{T}} \cdot B^2 D \cdot C_B \cdot F_{T1}$$

C : koefisien gelombang

B : lebar kapal [m]

L : panjang efektif kapal [m]

T : sarat kapal [m]

D : tinggi kapal [m]

C_B : koefisien blok

$$M_{WT2} : 0,22 CLB^2 C_B \cdot F_{T2}$$

F_T : faktor distribusi

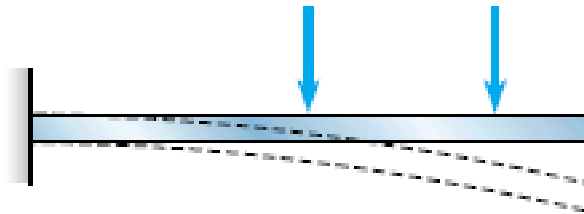
$$F_{T1} : \sin\left(\frac{2\eta x}{L}\right)$$

$$F_{T2} : \sin^2\left(\frac{\eta x}{L}\right)$$

II.2.5. Momen Bending

Momen bending terjadi ketika gaya diterapkan pada suatu struktur dari titik acuan tertentu hingga menyebabkan efek lentur (bending) pada struktur tersebut. Jika struktur tidak tertahan maka akan menyebabkan struktur berputar pada titik tertentu.

Dapat digambarkan pada Gambar II.5 di mana sebuah batang pejal salah satu ujungnya dijepit dan ujung yang lain diberikan gaya F ke arah vertikal maka akan menyebabkan batang menjadi lentur (bending). Batang mengalami momen bending terbesar pada titik di mana gaya diterapkan (Gere, 2004).



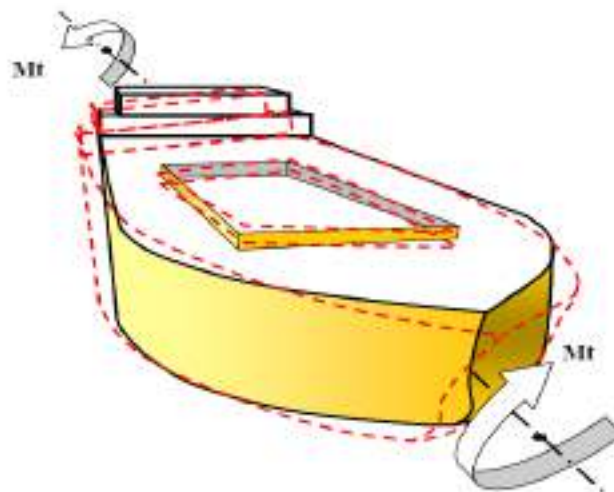
Gambar II.5 Ilustrasi momen bending pada batang pejal
(Gere, 2004)

II.2.6. Tegangan Geser Pada Badan Kapal Akibat Torsi

Dalam pelayaran selain mengalami bending momen vertikal dan horizontal kapal juga mengalami puntiran atau torsi. Torsi pada kapal biasanya timbul sebagai akibat peletakan barang yang tidak simetris terhadap bidang *centerline* yang biasanya hal ini kecil pengaruhnya pada kekuatan kapal (Santosa, 2014).

Tetapi untuk kapal-kapal yang memiliki bukaan palka yang besar dan panjang perlu dilakukan pemeriksaan kekuatan penampang kapal (daerah bukaan) terhadap momen puntir yang timbul pada kapal ketika kapal pada posisi serong terhadap gelombang. (Santosa, 2014)

Seperti yang sudah diketahui saat kapal berlayar pastinya akan dipengaruhi oleh berbagai gaya. Hal itu menjadikan kapal seperti dibengkokkan ke kanan dan ke kiri, ke atas dan ke bawah, oleng ke kanan dan oleng ke kiri dan sebagainya. Gerakan kapal oleng ke kiri dan ke kanan ini yang menyebabkan timbulnya momen puntir.



Gambar II.6 Kapal mengalami puntiran
(Santosa, 2014)

Perlu diketahui pada perhitungan tegangan geser akibat torsi nilai sudut puntir (θ) di semua komponen adalah sama. Pada umumnya torsi di setiap penampang terbuka atau tertutup berasal dari persamaan turunan pertama dari $\theta' = d\theta/dx$ (Hughes, 1983).

$$M_x = G J \theta' \quad (2.1)$$

Dimana:

M_x : momen torsi [Nm]

G : modulus geser [Pa]

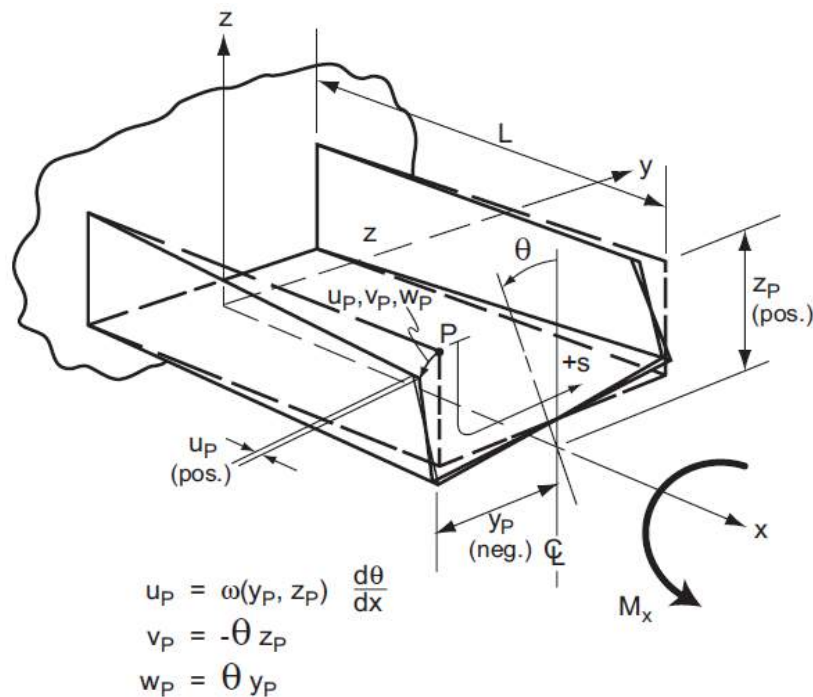
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2.2)$$

ν : poison rasio, 0.3 [Pa]

J : konstanta torsional St. Venant [m^4]

θ' : rate of twist

E : modulus young [Pa]



Gambar II.7 Defleksi akibat torsi dari balok prismatik berdinding tipis pada penampang terbuka
(Hughes, 1983)

II.2.7. Tegangan Geser Pada Penampang Terbuka

Pada penjelasan sebelumnya telah dibahas pengertian momen torsi pada umumnya. Dimana persamaan konstanta St. Venant ditunjukkan dalam persamaa (2.3).

$$J = \sum t^3 \frac{Lm}{3} \quad (2.3)$$

Dimana:

Lm : lebar pelat yang dianalisis [m]

t : tebal pelat [m]

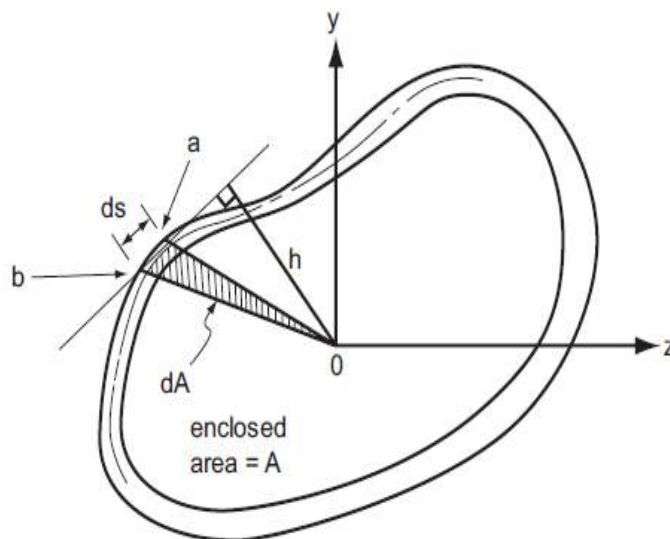
Lm adalah lebar pelat yang dianalisis pada penampang melintang kapal dan t adalah tebal pelat yang dianalisis. Tegangan geser di setiap titik adalah maksimum pada permukaan terluar dan nol pada pertengahan tebal. Tegangan geser yang terjadi dapat dihitung dengan formula:

$$\tau = T \frac{t}{J} \quad (2.4)$$

τ :tegangan geser [N/m^2]

II.2.8. Tegangan Geser Pada Penampang Tertutup

Tegangan geser yang terjadi pada penampang tertutup tergantung pada luas penampang yang tertutup .



Gambar II.8 Geometri penampang tertutup
(Hughes, 1983)

Gambar II.8 menunjukkan bahwa gaya yang terjadi pada elemen ds adalah $q ds$ dan momen yang menyebabkan puntiran adalah:

$$dMx = h q ds \quad (2.5)$$

dari geometri segitiga yang ditunjukkan Gambar II. 8, sektor area terhadap ds adalah:

$$dA = \frac{1}{2} (h) ds \quad (2.6)$$

persamaan dA disubstitusikan ke persamaan dM_x menjadi:

$$dM_x = 2qdA \quad (2.7)$$

sehingga momen total yang bekerja di seluruh penampang tertutup adalah:

$$M_x = 2qA \quad (2.8)$$

Di mana A adalah total area tertutup. *Shear flow* di sekeliling penampang adalah:

$$Q = \frac{M_x}{2A} \quad (2.9)$$

untuk bagian dari panjang dx , kita melibatkan prinsip dasar dari energi regangan di mana kerja yang dilakukan oleh M_x sama dengan energi regangan internal.

$$\frac{1}{2} M_x d\vartheta = dx \oint \frac{1}{2} \frac{\tau^2}{G} t ds \quad (2.10)$$

Kemudian substitusikan persamaan 2.9 dan 2.10 menjadi persamaan sudut puntir.

$$\vartheta' = \frac{q}{2GA} \oint \frac{ds}{t} \quad (2.11)$$

II.2.9. Metode Elemen Hingga (FEM)

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk menyelesaikan masalah-masalah di dunia teknik dan matematika fisika. Masalah-masalah dalam dunia teknik dan matematika fisika yang dapat diselesaikan dengan FEM meliputi analisis struktur, perpindahan panas, transfer massa, dan potensial elektromagnetik (Logan, 2007).

II.2.10. Langkah Umum Metode Elemen Hingga

Menurut Nikishkov (2004) secara umum metode elemen hingga bekerja dengan tahapan sebagai berikut:

1. Membagi struktur menjadi elemen-elemen kecil.

Mesh dari elemen hingga biasanya dihasilkan oleh bahasa pemrograman. Deskripsi mesh terdiri dari beberapa array utama yang meliputi koordinat nodal dan hubungan antar elemen.

2. Menentukan fungsi interpolasi.

Fungsi interpolasi digunakan untuk interpolasi variabel elemen. Fungsi polinomial sering dipilih sebagai fungsi interpolasi. Tingkat polinomial tergantung pada jumlah nodal yang mewakili suatu elemen.

3. Menentukan sifat material (material properties). Persamaan matriks untuk elemen hingga harus yang berkaitan dengan nilai-nilai nodal dari fungsi yang tidak diketahui dengan parameter lain.
4. Menggabungkan persamaan-persamaan elemen hingga
Untuk menentukan persamaan global untuk seluruh cakupan pekerjaan terlebih dahulu harus menggabungkan semua persamaan-persamaan elemen. Dengan kata lain harus mengkombinasikan semua persamaan elemen.
5. Menyelesaikan persamaan global.
Sistem persamaan global elemen hingga biasanya simetris dan positif. Metode langsung dan berulang dapat digunakan untuk solusi. Nilai nodal dari fungsi didapatkan sebagai hasil dari solusi.
6. Menentukan solusi tambahan
Dalam banyak kasus dibutuhkan kalkulasi parameter-parameter tambahan. Sebagai contoh dalam masalah mekanika, regangan dan tegangan adalah parameter tambahan dalam menentukan displasemen yang dihitung setelah mendapatkan solusi dari sistem persamaan global.

II.2.11. Tipe Elemen

Penentuan jenis elemen sangat penting agar model yang dibuat dapat mewakili sifat benda atau struktur yang sebenarnya. Elemen *bar* atau *truss* (batang) dan *beam* adalah jenis elemen garis. Elemen 2 dimensi yang paling sederhana adalah elemen segitiga (*triangular*) dan elemen segi empat (*quadrilateral*), serta elemen 3 dimensi yang umum digunakan adalah elemen *tetrahedral* dan elemen *hexahedral*. Berikut penjelasan singkat mengenai beberapa macam elemen:

1. *Truss Element* (2D line)

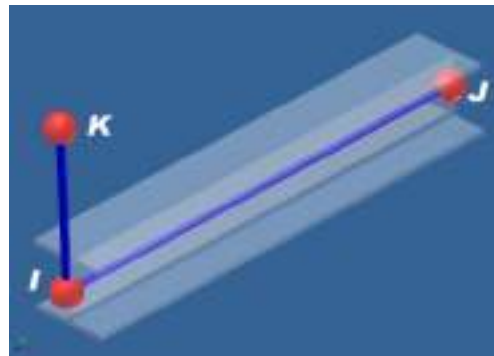
Jenis elemen ini mempunyai bentuk panjang dan ramping, memiliki 2 nodal dan dapat diorientasikan di mana saja di ruang 3 dimensi. Elemen *truss* ini hanya meneruskan gaya aksial. Mempunyai 3 derajat kebebasan, yaitu arah translasi saja dan tidak untuk arah rotasi. Elemen *truss* biasa digunakan untuk memodelkan menara, jembatan, dan bangunan. Area penampang melintang dianggap konstan dan digunakan untuk analisis struktur elastis linier.



Gambar II.9 *Truss element*
(DeepSoft, 2014)

2. *Beam Element (2D line)*

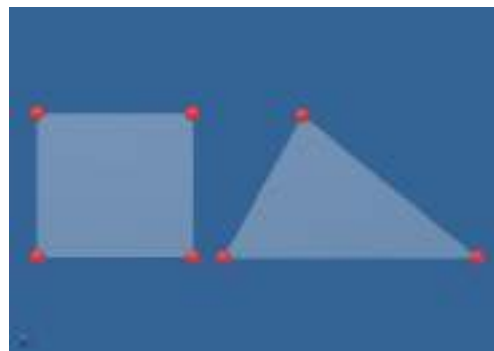
Elemen balok mempunyai bentuk panjang dan ramping, memiliki 3 nodal, dan dapat diorientasikan di mana saja di ruang 3 dimensi. Mempunyai 6 derajat kebebasan meliputi arah translasi dan rotasi di setiap nodal. Ini adalah perbedaan utama antara elemen *truss* dan elemen *beam*



Gambar II.10 *Beam element*
(DeepSoft, 2014)

3. Elemen 2D (2D planar)

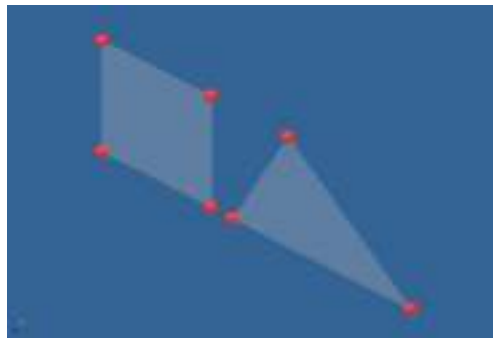
Elemen 2D mempunyai 3 atau 4 nodal dengan 2 derajat kebebasan yaitu translasi Y dan Z. Elemen ini dibuat di bidang YZ. Digunakan untuk analisis tegangan bidang atau regangan bidang.



Gambar II.11 *Elemen 2D*
(DeepSoft, 2014)

4. *Membran Element* (2D planar)

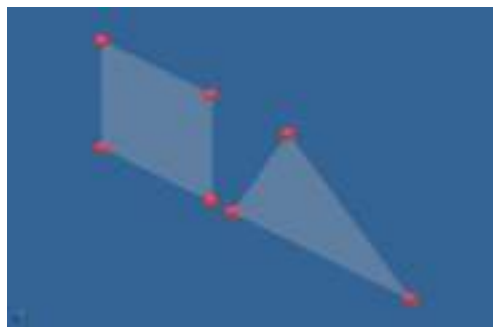
Membran element mempunyai 3 atau 4 nodal dan dapat diorientasikan di mana saja di ruang 3 dimensi. Dapat digunakan untuk memodelkan membran tipis seperti kain, kulit logam tipis, dan sebagainya. Elemen ini tidak mendukung untuk menyalurkan tegangan atau momen. Derajat kebebasan hanya pada arah translasi saja. Ketebalan membran yang dimodelkan dengan elemen ini harus relatif tipis untuk panjang atau lebarnya.



Gambar II.12 Membran element
(DeepSoft, 2014)

5. *Plate Element* (2D planar)

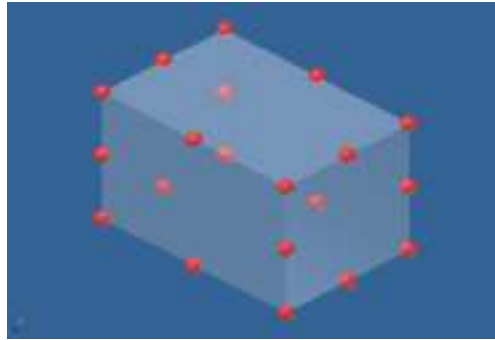
Plate element mempunyai 3 atau 4 simpul yang dapat diorientasikan di mana saja di ruang 3 dimensi. Elemen ini biasa digunakan untuk memodelkan struktur plat seperti *pressure vessel*, badan mobil, lambung kapal, dan badan pesawat terbang. Semua jenis derajat kebebasan berlaku meliputi translasi dan rotasi.



Gambar II.13 Plate element
(DeepSoft, 2014)

6. *3D Element* (3D solid)

3D element biasa disebut tetrahedral, dapat mempunyai 4, 5, 6, 7, 8, 15, atau 20 nodal. Derajat kebebasan hanya pada arah translasi saja. Elemen ini digunakan untuk memodelkan benda solid yang tidak dapat dimodelkan elemen plat.

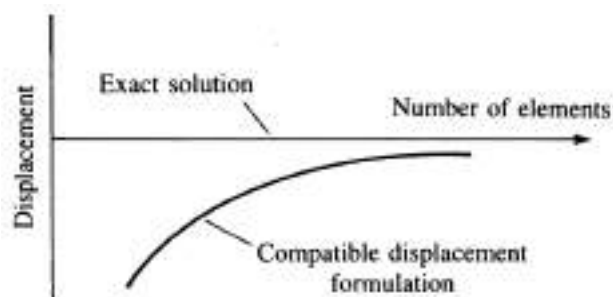


Gambar II.14 3D element
(DeepSoft, 2014)

II.2.12. Konvergensi

Dalam literatur mengenai metode elemen hingga (FEM), seringkali disebutkan bahwa akurasi solusi elemen hingga semakin meningkat dengan semakin banyaknya elemen yang digunakan, akan tetapi dengan semakin banyaknya elemen yang digunakan maka waktu yang dibutuhkan untuk komputasi juga semakin besar. Bahkan terkadang jumlah elemen yang terlalu besar akan meningkatkan *round off error* (Madenci dan Guven, 2006).

Rekomendasi untuk menentukan jumlah elemen dengan akurasi hasil yang bisa diterima dalam suatu analisis elemen hingga adalah dengan melakukan uji konvergensi (*convergence test*) terhadap hasil yang diperoleh. Misal untuk analisis *displacement* pada suatu model, analisis awal dilakukan dengan ukuran/jumlah elemen tertentu, solusi diperoleh dengan menyelesaikan model yang digunakan. Analisis kemudian diulang dengan jumlah elemen yang lebih besar, nilai *displacement* pada lokasi tertentu dibandingkan dengan hasil analisis sebelumnya. Jika perbedaan nilai *displacement* antara kedua analisis tersebut cukup besar, maka analisis diulang lagi dengan jumlah elemen yang lebih besar hingga perbedaan nilai *displacement* tersebut dianggap cukup kecil. Jika tabulasi solusi dari proses iterasi tersebut ditunjukkan dalam sebuah grafik, maka akan tampak seperti Gambar II.15.



Gambar II.15 Contoh hasil konvergensi
(Logan, 2007)

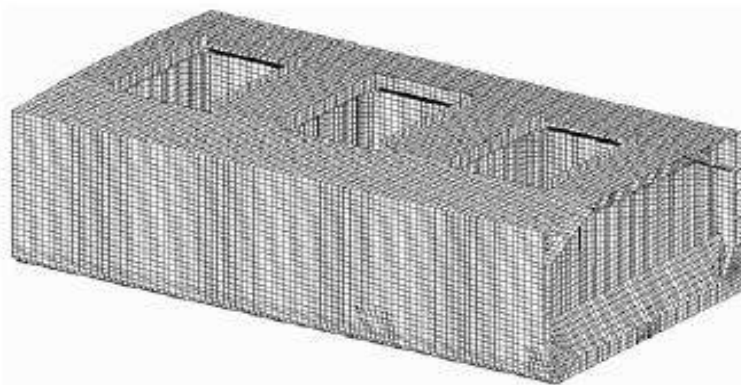
II.2.13. Pemodelan Elemen Hingga

Semua konstruksi utama harus dimodelkan. Bagian konstruksi yang dimodelkan harus menggunakan jenis elemen yang sesuai. Dasar untuk pemilihan jenis elemen diberikan sebagai berikut (IACS, 2014):

1. Penegar dimodelkan dengan *beam element* atau *bar element*. Jenis elemen ini digunakan untuk memodelkan penegar yang berfungsi sebagai penguat langsung pada konstruksi seperti pembujur dan gading.
2. Pada bagian konstruksi kapal yang berupa pelat akan dimodelkan dengan *shell element* yang memiliki harga ketebalan pelat dan orientasi arah pembebanan. Pada kondisi tertentu penegar akan dimodelkan dengan menggunakan *shell element* tergantung dari ukuran dari penegar tersebut. Ukuran untuk *meshing* dari elemen diusahakan adalah sama atau tidak boleh melebihi jarak antar *frame* baik secara melintang maupun memanjang. Rasio ukuran elemen tidak boleh lebih dari 1:4.

II.2.14. Ruang Lingkup Model

Pemodelan badan kapal ke arah memanjang mencakup tiga (3) ruang muat dan empat (4) sekat melintang. Sekat melintang pada ujung-ujung model harus dimodelkan beserta *stool*-nya. Semua gading besar dan semua konstruksi juga harus dimodelkan. Pemodelan dilakukan pada kedua sisi kapal baik *portside* maupun *starboard* karena beban gelombang yang diterapkan pada model tidak simetris. Semua konstruksi utama harus dimodelkan termasuk lambung luar dan lambung dalam (untuk kapal dengan lambung ganda), *floor* dan sistem penumpu di dasar ganda, gading besar vertikal maupun gading besar melintang, penegar, dan sekat memanjang maupun sekat melintang. Semua plat pada struktur tersebut harus dimodelkan (IACS, 2014).

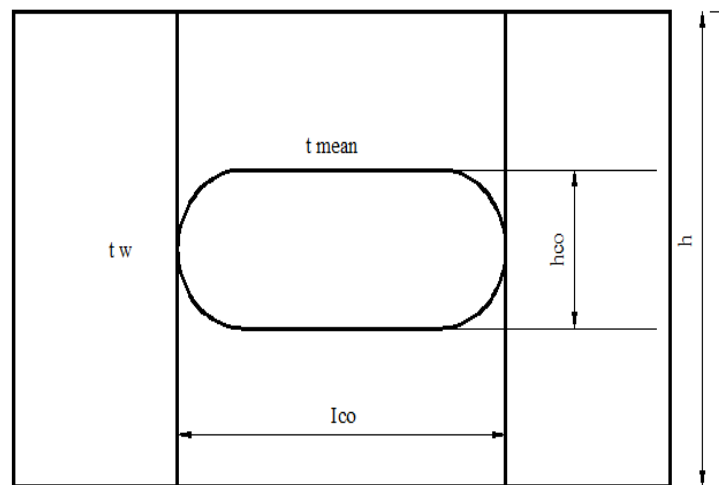


Gambar II.16 Contoh model elemen hingga
(IACS, 2014)

II.2.15. Lingkup Geometri Model

Seluruh model geometri baik secara melintang maupun secara memanjang dimasukkan dalam model. Ketebalan dan bentuk konstruksi diambil berdasarkan data yang ada dan perhitungan klasifikasi.

1. Model geometri penumpu: Dalam konstruksi kapal, lubang pada penumpu (*web girder*) dipergunakan sebagai jalur dan lubang untuk pipa. Apabila lubang tersebut mengakibatkan berubahnya distribusi gaya yang bekerja pada sistem konstruksi, maka lubang tersebut perlu diperhatikan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, pengurangan ketebalan dapat dilakukan sesuai dengan formula di bawah atau dengan dengan memodelkan lubang tersebut.



Gambar II.17 Ketebalan rata-rata web girder dan lebar lubang yang dimodelkan.

(IACS, 2014)

Ketebalan rata-rata penumpu dihitung dengan persamaan berikut:

$$t_{\text{mean}} : \frac{h - h_{co}}{h \cdot r_{co}} \cdot t_w \quad (2.12)$$

dimana:

t_w : ketebalan web [m]

$$r_{co} : 1 + \frac{l_{co}^2}{2,6 (h - h_{co})^2} \quad (2.13)$$

l_{co} : panjang *cut-out* [m]

h_{co} : tinggi *cut-out* [m]

h : tinggi jejaring girder [m]

2. Model geometri penegar: orientasi kontinyu penegar pada penumpu yang mempunyai kontribusi keseluruhan *bending* pada penumpu harus dimodelkan. Penegar tegak lurus terhadap penumpu dapat dimodelkan apabila diperlukan, alternatif dengan menyalurkan pada *node* terdekat atau membuat *node* tambahan.
3. Model geometri sekat bergelombang: sekat gelombang harus dimodelkan.
4. *Main frames, supporting brackets, dan connected longitudinal*: model ruang muat akan memberikan gambaran yang tepat mengenai defleksi dari *main frame*. Untuk mencapai hal ini, *main frame, supporting bracket* pada *hopper tank, top wing tank, dan connected longitudinal* harus ditunjukkan dalam model.
5. *Hatch coaming, hatch corner dan hatches: hatch coaming* juga dimodelkan. *Hatch cover* dimodelkan secara terpisah pada saat dibutuhkan evaluasi kekuatan pada bagian tersebut.

II.2.16. Kondisi Batas

Sesuai dengan regulasi *CSR* untuk kondisi batas diberikan pada *independent point* di kedua ujung model. *Independent point* adalah titik *neutral axis* dari model pada daerah tersebut. Untuk node pada sekeliling *independent point* didefinisikan sebagai *rigid link* (IACS, 2014).

Tabel II.1 *Rigid link* pada kedua ujung model.
(IACS, 2014)

Node pada bagian <i>longitudinal</i> pada kedua ujung model	Translasi			Rotasi		
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
Semua bagian <i>longitudinal</i>	RL	RL	RL	-	-	-
RL adalah bagian yang kaku.						

Penjelasan Tabel II.1 adalah sebagai berikut:

1. *Node* pada bagian *longitudinal* adalah semua *node* pada komponen memanjang pada ujung model seperti pembujur, *longitudinal girder*, dan pelat.
2. *Node* pada bagian tersebut mempunyai enam derajat kebebasan, yaitu tiga translasi (Dx, Dy, Dz) dan tiga rotasi (Rx, Ry, Rz).
3. *Node* pada arah translasi didefinisikan sebagai *rigid link*, artinya *node* tersebut terhubung dan diberikan kondisi batas yang sama dengan *node master (independent point)* sehingga penampang tersebut menjadi *rigid* (kaku).
4. *Node* pada arah rotasi dibebaskan atau tidak diberikan kondisi batas (*free*).

Tabel II.2 *Independent point* pada kedua ujung model
(IACS, 2014)

Lokasi	Translasi			Rotasi		
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
<i>Independent point</i> ujung belakang	-	fix	fix	fix	-	-
<i>Independent point</i> ujung depan	fix	fix	fix	fix	-	-

Penjelasan Tabel II.2 adalah sebagai berikut:

1. *Node* pada masing-masing *independent point* mempunyai enam derajat kebebasan, yaitu tiga translasi (Dx, Dy, Dz) dan tiga rotasi (Rx, Ry, Rz).
2. *Node* pada *independent point* ujung belakang didefinisikan sebagai berikut:
 - Arah translasi Dx tidak diberikan kondisi batas (*free*).
 - Arah translasi Dy dan Dz diberikan kondisi batas jepit (*fix*).
 - Arah rotasi Rx diberikan kondisi batas jepit (*fix*).
 - Arah rotasi Ry dan Rz tidak diberikan kondisi batas (*free*).
3. *Node* pada *independent point* ujung depan didefinisikan sebagai berikut:
 - Arah translasi Dx, Dy, Dz diberikan kondisi batas jepit (*fix*).
 - Arah rotasi Rx diberikan kondisi batas jepit (*fix*).
 - Arah rotasi Ry dan Rz tidak diberikan kondisi batas (*free*).

II.2.17. Kekuatan Memanjang Kapal

Tujuan perhitungan kekuatan memanjang adalah untuk mengetahui tegangan yang dialami badan kapal sebagai suatu kesatuan ke arah memanjang hingga diperoleh kesimpulan apakah kapal tersebut kuat atau tidak. Tegangan ini diakibatkan oleh keadaan di mana berat kapal pada suatu titik sepanjang kapal tidak disangga oleh gaya tekan ke atas yang sama besarnya. Syarat keseimbangan benda terapung hanya menyebutkan bahwa resultan gaya tekan ke atas dan gaya berat adalah sama besar dan berlawanan arah, serta bekerja dalam satu garis vertikal. Jika perbedaan penyebaran gaya ke arah memanjang antara gaya tekan ke atas dan gaya berat semakin besar maka beban yang dialami oleh kapal makin besar pula.

Penyebaran gaya berat memanjang dari kapal ditentukan oleh keadaan muatan. Sedangkan penyebaran gaya tekan ke atas ditentukan oleh keadaan gelombang. Pada saat kapal berlayar di laut dengan keadaan gelombang yang tidak beraturan menyebabkan gaya tekan ke atas pada kapal sehingga terjadi regangan dan tegangan pada struktur kapal. Dalam keadaan yang ekstrim kapal seakan-akan ditekuk ke atas dan ke bawah yaitu pada saat kapal berada di posisi puncak gelombang atau di lembah gelombang.

Langkah-langkah perhitungan kekuatan memanjang ini adalah sebagai berikut, pertama kali adalah perhitungan beban kapal yang dibagi menjadi beberapa *section* atau *frame*. Selanjutnya perhitungan beban muatan yang dibagi menjadi beberapa *section* atau *frame*. Kedua beban ini selanjutnya bisa dijumlahkan untuk mendapatkan data beban kapal dan muatan. Sebagai reaksi dari beban tersebut adalah daya apung kapal (*bouyancy*) yang bekerja pada lambung kapal dengan arah yang berlawanan dengan beban kapal dan muatan. Perhitungan *bouyancy* ini dibagi juga menjadi beberapa *section* atau *frame* sehingga bisa dioperasikan dengan beban kapal dan muatan. Dari kedua gaya tersebut, beban dan *bouyancy*, keduanya saling mengurangi sehingga didapatkan suatu nilai hasil pengurangan keduanya.

Berbekal data hasil pengurangan tersebut, selanjutnya bisa dihitung besarnya tegangan dan momen yang bekerja pada tiap-tiap *section* dari ujung belakang kapal sampai ujung depan kapal. Terlepas dari tegangan dan momen tersebut, perhitungan lain yang perlu dilakukan adalah perhitungan modulus dan inersia kapal. Inersia ini bisa diartikan sebagai kekakuan kapal. Besarnya inersia ini kita hitung berdasarkan penampang melintang pada *scantling section* atau *frame* yang akan kita analisis.

Klasifikasi (class) dalam hal ini Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) mensyaratkan 3 poin kriteria yang harus dipenuhi dari perhitungan *longitudinal strength* ini, antara lain:

1. *Longitudinal stress* (tegangan) yang diijinkan
2. Minimum modulus yang diijinkan
3. Minimum inersia yang diijinkan

II.2.18. Kondisi Pembebanan

Pengertian dari kondisi pembebanan adalah cara pengaturan muatan dalam ruang muat, misalnya muatan penuh atau muatan kosong. Kondisi pembebanan dalam desain biasanya mencakup seluruh kondisi-kondisi beban yang relevan untuk diterapkan pada kapal. Kondisi pembebanan juga mempertimbangkan jenis muatan yang diangkut karena ada banyak jenis muatan seperti batu bara, kayu, atau kontainer.

Kondisi pembebanan merupakan faktor penting dalam perhitungan kekuatan struktur kapal. Sehingga perlu direncanakan kondisi pembebanan yang akan digunakan. Kesalahan dalam mengatur kondisi pembebanan dapat menyebabkan kecelakaan dan kerusakan struktur kapal.

II.2.19. Pola Pembebanan

Pola pembebanan pada *bulk carrier* telah diatur berdasarkan CSR di mana pola pembebanan tersebut dipertimbangkan dalam analisis kekuatan langsung (*Direct Strength Analysis*).

Tabel II.3 Pola pembebanan
(IACS, 2014)

No.	Loading pattern	Ref.	BC-			BC-, (no MP)		
			A	B	C	A	B	C
1	Full load in homogeneous condition	3.2.1	x	x	x	x	x	x
2	Slack load	3.2.2	x	x	x	x	x	x
3	Deepest ballast	3.2.3	x	x	x	x	x	x
4	Multiport -1	3.3.1	x	x	x			
5	Multiport -2	3.3.2	x	x	x			
6	Multiport -3	3.3.3	x	x	x			
7	Multiport -4	3.3.4	x	x	x			
8	Alternate load	3.4.1 & .2	x			x		
9	Alternate block load	3.4.3	x			x		
10	Heavy ballast	3.5.1	x	x	x	x	x	x
11	Harbour condition -1	3.6.1				x	x	x
12	Harbour condition -2	3.6.2				x	x	x

Penjelasan Tabel II.3 adalah sebagai berikut:

- 1) 3.2.1 : setiap ruang muat diisi penuh termasuk tangki bahan bakar pada *double bottom* (jika ada), tangki *ballast* pada *double bottom* sepanjang ruang muat dikosongkan. Kondisi ini dilakukan pada sarat maksimum.
- 2) 3.2.2 : setiap ruang muat harus mampu diisi 50% dari massa ruang muat dengan tangki pada *double bottom* dikosongkan pada sarat maksimum.
- 3) 3.2.3 : setiap ruang muat dan tangki pada *double bottom* dikosongkan pada sarat *ballast* maksimum
- 4) 3.3.1 : setiap ruang muat harus mampu diisi penuh termasuk tangki bahan bakar pada *double bottom* (jika ada), dengan tangki *ballast* 100% kosong pada sarat 67% dari sarat maksimum.
- 5) 3.3.2 : setiap ruang muat dan tangki pada *double bottom* dikosongkan pada sarat 83% sarat maksimum.

- 6) 3.3.3 : dua (2) ruang muat bersebelahan harus mampu diisi penuh termasuk tangki bahan bakar pada *double bottom* (jika ada), dengan *ballast* 100% kosong pada sarat 67% sarat maksimum.
- 7) 3.3.4 : dua (2) ruang muat bersebelahan dikosongkan dengan tangki *double bottom* kosong pada sarat 75% sarat maksimum.
- 8) 3.4.1 : ruang muat yang didesain untuk dikosongkan pada sarat maksimum, dikosongkan. Tangki-tangki pada *double bottom* dikosongkan.
- 9) 3.4.2 : ruang muat yang didesain untuk muatan dengan densitas tinggi diisi dengan massa jenis muatan paling tinggi. Tangki bahan bakar pada *double bottom* diisi (jika ada) dengan *ballast* 100% kosong pada sarat muatan penuh.
- 10) 3.4.3 : dua (2) ruang muat bersebelahan diisi dengan massa ruang muat. Tangki bahan bakar pada *double bottom* diisi (jika ada) dengan *ballast* 100% kosong pada sarat muatan penuh.
- 11) 3.5.1 : ruang muat diisi 100% *ballast* penuh, untuk ruang muat yang didesain untuk diisi *ballast* dan tangki *double bottom* diisi 100% *ballast* penuh pada sarat *ballast* penuh.
- 12) 3.6.1 : setiap ruang muat harus mampu diisi sebesar muatan maksimum pada sarat 67% sarat maksimum, *pada harbour condition*.
- 13) 3.6.2 : dua (2) ruang muat bersebelahan diisi muatan penuh dengan tangki bahan bakar pada *double bottom* diisi (jika ada), *ballast* 100% kosong pada 67% sarat maksimum.

Pada setiap kondisi dan pola pembebanan bekerja momen *bending* vertikal dan gaya geser vertikal didefinisikan pada Tabel II.4.

Tabel II.4 Momen bending vertikal air tenang (*Vertical Still Water Bending Moment*).
(IACS, 2014)

		Loading pattern				
		Full load in homogeneous condition	Slack load	Multiport	Heavy ballast (Ballast hold)	Harbour condition
			Alternate load	Alternate block load		
			Normal ballast	Deepest ballast		
Load case	H1	$0.5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	---
	H2	$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	F1	$0.5 M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
	F2	$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	R1	$0.5 M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
		$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	R2	$0.5 M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
		$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	P1	$0.5 M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
	P2	$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	Static	---				$M_{SW,P,S}$
					$M_{SW,P,H}$	

Dimana:

$M_{SW,H}$: momen *bending* vertikal yang diijinkan saat kondisi *hogging* pada saat berlayar [kN.m].

$M_{SW,S}$: momen *bending* vertikal yang diijinkan saat kondisi *sagging* pada saat berlayar [kN.m].

$M_{SW,P,S}$:momen *bending* vertikal yang diijinkan saat kondisi *sagging* pada saat *harbour condition* [kN.m].

$M_{SW,P,H}$:momen *bending* vertikal yang diijinkan saat kondisi *sagging* pada saat *harbour condition* [kN.m].

Tabel II.5 Gaya lintang vertikal air tenang (*Vertical Still Water Shear Force*).
(IACS, 2014)

		Loading pattern				
		Full load in homogeneous condition	Alternate load (BC-A)	Multiport (BC-B and BC-C)	Heavy ballast (Ballast hold)	Heavy ballast (Except for ballast hold)
Load case	H1	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	H2	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	F1	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	F2	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---

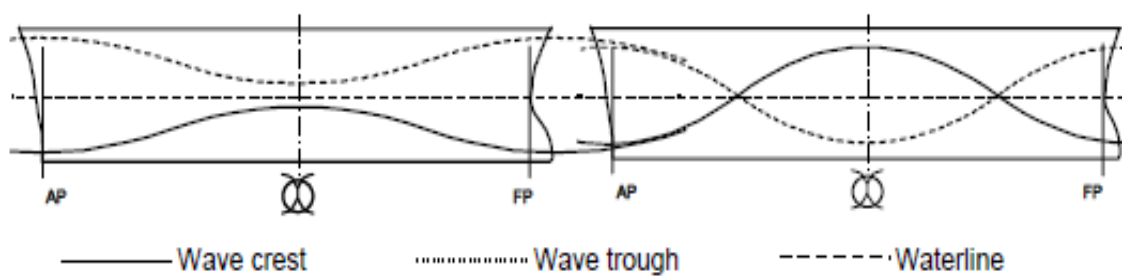
Dimana:

Q_{sw} : gaya lintang vertikal air tenang yang diijinkan.

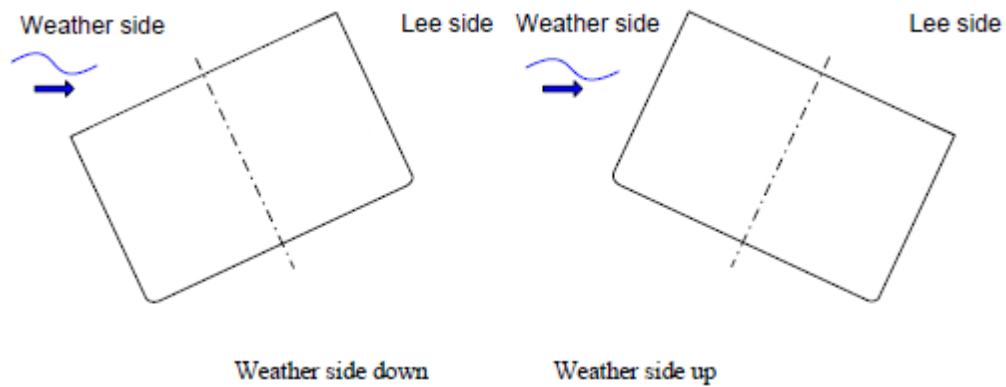
Setiap kondisi pembebanan terbagi lagi menjadi beberapa *load case* H, F, R, dan P. *Load case* berhubungan langsung dengan *Equivalent Design Wave (EDW)* yang terdiri dari empat macam kondisi yaitu:

1. *EDW "H"* adalah kondisi di mana gelombang reguler yang berlawanan dengan arah kapal menyebabkan momen *bending* vertikal maksimum.
2. *EDW "F"* adalah kondisi di mana gelombang reguler yang searah dengan arah layar kapal menyebabkan momen *bending* vertikal maksimum.
3. *EDW "R"* adalah kondisi di mana gelombang reguler mengakibatkan *roll* maksimum.
4. *EDW "P"* adalah kondisi di mana gelombang reguler mengakibatkan tekanan hidrostatik pada garis air maksimum.

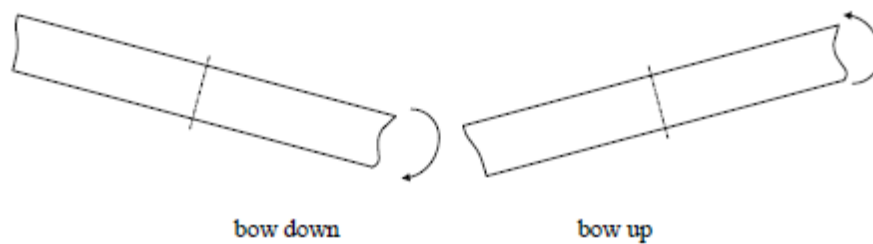
Gambaran lebih jelas mengenai EDW dapat dilihat pada Gambar II.18 dan II.19.



Gambar II.18 Definisi gelombang pada EDW "H" dan "F".
(IACS, 2014)



(a) untuk EDW “R”



(b) untuk EDW “P”

Gambar II.19 Definisi gelombang pada kondisi EDW “R” dan “P”.

(IACS, 2014)

Load case merupakan pendefinisian respon *EDW* terhadap lambung kapal (*hull girder*) yang dapat dilihat pada Tabel II.6. Sedangkan definisi terhadap gerak kapal dapat dilihat pada Tabel II.7. Sebagai catatan dalam hal pemodelan elemen hingga apabila pada desain *load case* R1, R2, P1, dan P2 tidak simetris maka pemodelan dilakukan utuh dari *portside* hingga *starboard*.

Tabel II.6 Definisi *load case*.

(IACS, 2014)

Load case	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
EDW	“H”		“F”		“R”		“P”	
Heading	Head		Follow		Beam (Port: weather side)		Beam (Port: weather side)	
Effect	Max. Bending Moment		Max. Bending Moment		Max. Roll		Max. Ext. Pressure	
	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	(+)	(-)	(+)	(-)

Tabel II.7 Hubungan antara gerak kapal dan beban kapal.
(IACS, 2014)

Load case	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
Vert. BM & SF	Yes		Yes		-		Yes	
Hor. BM	-		-		Yes		-	
Heave	Down	Up	-	-	Down	Up	Down	Up
Pitch	Bow down	Bow up	-	-	-	-	-	-
Roll	-	-	-	-	Stbd up	Stbd down	Stbd up	Stbd down
Surge	Stern	Bow	-	-	-	-	-	-
Sway	-	-	-	-	-	-	Port	Stbd

Pembebanan pada lambung kapal (*hull girder load*) dan percepatannya terhadap gerak kapal dipengaruhi oleh *load case* H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1, dan P2. Oleh karena itu dalam perhitungan perlu dikalikan dengan faktor pengali (*LCF*) yang berupa faktor kombinasi. Harga faktor *LCF* dapat dilihat pada Tabel II.8.

Tabel II.8 Faktor kombinasi beban.
(IACS, 2014)

	LCF	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
$M_{\overline{WV}}$	$C_{\overline{WV}}$	-1	1	-1	1	0	0	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0.4$
$Q_{\overline{WV}}$	$C_{Q\overline{W}}^{(1)}$	-1	1	-1	1	0	0	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0.4$
$M_{\overline{WH}}$	$C_{\overline{WH}}$	0	0	0	0	$1.2 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 1.2$	0	0
a_{zurge}	C_{XS}	-0.8	0.8	0	0	0	0	0	0
$a_{pitch\ x}$	C_{XP}	1	-1	0	0	0	0	0	0
$g\sin\Phi$	C_{XG}	1	-1	0	0	0	0	0	0
a_{zway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0	1	-1
$a_{roll\ y}$	C_{YR}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
a_{heave}	C_{ZH}	$0.6 \frac{T_{LC}}{T_S}$	$-0.6 \frac{T_{LC}}{T_S}$	0	0	$\frac{\sqrt{L}}{40}$	$-\frac{\sqrt{L}}{40}$	1	-1
$a_{roll\ z}$	C_{ZR}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
$a_{pitch\ z}$	C_{ZP}	1	-1	0	0	0	0	0	0
(1) The LCF for $C_{Q\overline{W}}$ is only used for the aft part of midship section. The inverse value of it should be used for the forward part of the midship section.									

II.2.20. Pembebanan Sesuai Load Case CSR

Pembebanan ini dilakukan untuk analisis elemen hingga (numerik). Pembebanan dilakukan sesuai dengan *CSR Bulk Carrier*. Jenis pembebanan dibagi menjadi dua, yaitu beban eksternal akibat air laut dan beban internal akibat muatan kering dan cairan pada tangki. Berikut adalah formula untuk beban-beban yang bekerja.

A . Beban Eksternal Air Laut

Beban eksternal air laut, dalam satuan kN/m^2 , adalah akumulasi dari tekanan hidrostatik dan hidrodinamik yang dipengaruhi oleh *load case* . Beban eksternal dihitung dengan formula (2.36) dan nilainya tidak boleh negatif .

$$P = P_s + P_w \quad (2.36)$$

Dimana:

P_s : tekanan statis air laut [kN/m^2]

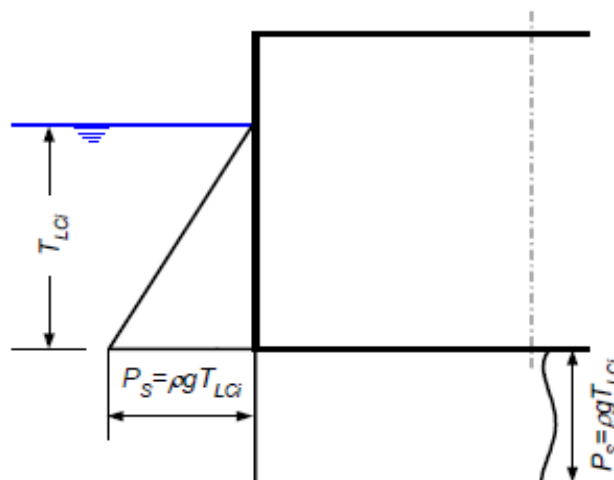
P_w : tekanan dinamis air laut [kN/m^2]

A.1 Tekanan hidrostatik air laut

Beban tekanan hidrostatik air laut, dalam kN/m^2 , merupakan fungsi dari sarat kapal pada kondisi air tenang dihitung dengan formula dalam Tabel II.9.

Tabel II.9 Persamaan Tekanan Hidrostatik
(IACS, 2014)

Lokasi (m)	Tekanan hidrostatik, P_s (kN/m^2)
Titik di bawah dan pada garis air ($z \leq T_{LCI}$)	$\rho g (T_{LCI} - z)$
Titik di atas garis air ($z > T_{LCI}$)	0



Gambar II.20 Distribusi tekanan hidrostatik.
(IACS, 2014)

A.2 Tekanan Hidrodinamik Air Laut Untuk *Load Case* H1 dan F2

Tekanan hidrodinamik pH dan pF untuk *load case* H1, H2, F1, dan F2 dalam satuan kN/m² dapat dihitung dengan persamaan pada Tabel II.10.

Tabel II.10 Persamaan tekanan hidrodinamik

Load case	Tekanan hidrodinamik (kN/m ²)
H1	pH1 = -k1 kp pHF
H2	pH2 = k1 kp pHF
F1	pF1 = -pHF
F2	pF2 = pHF

Dimana,

$$P_{HF} = 3 f_p f_{nl} C \sqrt{\frac{L + \lambda - 125}{L}} \left(\frac{z}{T_{LCi}} + \frac{|2y|}{Bi} + 1 \right) \quad (2.14)$$

Dimana $\frac{|2y|}{B} \leq 1.0$ dan $z \leq T_{LC}$

x : jarak arah memanjang kapal diukur dari AP dalam [m].

x : 24.5 m,

x : 60.5 m,

x : 84.5 m,

x : 108.5 m,

y : jarak arah melebar kapal dari centerline ke sisi *starboard* atau sisi *portside*.

y : 0 m, pada *centerline*

y : 10.5 m, dari centerline ke arah *portside*

y : -10.5 m, dari centerline ke arah *starboard*

T_{LCi} : sarat pada penampang yang ditinjau [m]

Bi : lebar pada penampang yang ditinjau [m]

f_p : koefisien probabilitas, dengan nilai 1

f_{nl} : koefisien efek nonlinear, dengan nilai 0.8

$k\ell$: koefisien amplitude dalam arah memanjang kapal, dihitung dengan persamaan (2.15) dan (2.16)

$$k\ell = 1 + \frac{12}{C_B} \left(1 - \sqrt{\frac{|2y|}{B}} \right) \left| \frac{x}{L} - 0.5 \right| \quad (2.15)$$

Untuk $0.0 \leq x/L \leq 0.5$

$$k_l = 1 + \frac{6}{C_B} \left(1 - \frac{|4y|}{B} \right) \left| \frac{x}{L} - 0.5 \right|^3 \quad (2.16)$$

Untuk $0.5 \leq x/L \leq 1$

K_p : koefisien fase dalam arah memanjang kapal, dihitung dengan persamaan (2.17)

$$k_p = \left(1.25 - \frac{T_{LC}}{T_S} \right) \cos \left(\frac{2\eta |x - 0.5 L|}{L} \right) - \frac{T_{LC}}{T_L} + 0.25 \quad (2.17)$$

T_s : sarat kapal pada muatan penuh

: 6.4 m

T_{LC} : sarat pada kondisi pemuatan tertentu [m]

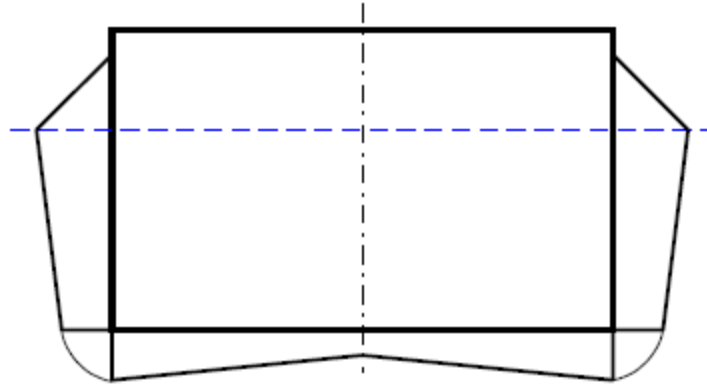
λ : panjang gelombang dalam [m], dihitung dengan persamaan (2.18) dan (2.19).

$$\lambda = 0.6 \left(1 - \frac{T_{LC}}{T_S} \right) L \quad (2.18)$$

Untuk *load case* F2

$$\lambda = 0.6 \left(1 - \frac{2}{3} \frac{T_{LC}}{T_S} \right) L \quad (2.19)$$

Untuk *load case* H1



Gambar II.21 Distribusi beban pF2 pada tengah kapal
(IACS, 2014)

A.3 Tekanan Hidrodinamik Air Laut Untuk *Load Case* R1

Tekanan hidrodinamik untuk *load case* R1 di setiap titik pada lambung kapal di bawah garis air dapat dihitung dengan persamaan (2.20).

$$P_{HF} = f_{nl} \left(10y \sin \theta + 0.88 f_p C \sqrt{\frac{L + \lambda - 125}{L}} \left(\frac{2y}{B} + 1 \right) \right) \quad (2.20)$$

Dimana:

θ : sudut oleng kapal, dalam [deg], dihitung dengan persamaan (2.21).

$$\theta = \frac{9000 (125 - 0.025 T_R) f_p k_b}{(B + 75) \pi} \quad (2.21)$$

k_b : koefisien

k_b : 1.2 untuk kapal tanpa *bilge keel*

k_b : 1.0 untuk kapal dengan *bilge keel*

f_{nl} : koefisien efek nonlinear, dengan nilai 0.8

λ : panjang gelombang dalam [m], dihitung dengan persamaan (2.22).

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T_R^3 \quad (2.22)$$

T_R : periode oleng dalam [s], dihitung dengan persamaan (2.23).

$$T_R = \frac{2.3 k_r}{\sqrt{GM}} \quad (2.23)$$

GM : tinggi metasenter [m]

Kr : jari-jari girasi [m]

Tabel II.11 Formula kr dan GM di setiap kondisi pembebanan. (CSR Bulk Carrier)

Loading condition		kr	GM
Full load condition	Alternate or homogeneous loading	0.35B	0.12B
	Steel coil loading	0.42B	0.24B
Normal ballast condition		0.45B	0.33B
Heavy ballast condition		0.40B	0.25B

A.4 Tekanan Hidrodinamik Air Laut Untuk Load Case P1

Tekanan hidrodinamik untuk *load case* P1 di setiap titik pada lambung kapal di bawah garis air dihitung menggunakan persamaan pada Tabel II.12.

Tabel II.12 Persamaan Perhitungan Load Case P

Load case	Tekanan hidrodinamik (kN/m ²)	
	Weather side	Lee side
P1	Pp1=Pp	Pp1=Pp/3
P2	Pp2=-Pp	Pp2=-Pp/3

Dimana:

$$P_p = 4.5 f_p f_{nl} C \sqrt{\frac{L + \lambda - 125}{L}} \left(2 \frac{|z|}{TLC_i} + 1 \frac{|2y|}{B} \right) \quad (2.24)$$

f_{nl} : koefisien efek nonlinear, dengan nilai 0.8

λ : panjang gelombang dalam [m], dihitung dengan persamaan (2.25).

$$\lambda = \left(0.2 - 0.4 \frac{T_{LC}}{T_S} \right) L \quad (2.25)$$

B. Beban Internal Ruang Muat

Total beban tekan ruang muat dalam kN/m^2 adalah akumulasi dari beban tekan ruang muat pada kondisi air tenang dan beban tekan ruang muat pada kondisi gelombang.

$$P_c = P_{cs} + P_{cw} \quad (2.26)$$

Dimana:

P_{cs} : beban tekan ruang muat kondisi air tenang, kN/m^2

P_{cw} : beban tekan ruang muat kondisi air gelombang, kN/m^2

B.1 Tinggi Permukaan Muatan Dari Pelat Datar Ruang Muat Paling Bawah (h_c)

Dalam perhitungan beban tekan ruang muat diperlukan nilai tinggi muatan pada ruang muat. Terdapat perbedaan nilai massa jenis muatan untuk muatan penuh dan tidak. Nilai massa jenis muatan dapat dilihat pada Tabel II.13.

Tabel II.13 Tabel massa jenis muatan

Tipe Pemuatan	Massa Jenis [t/m^3]
Muatan penuh	$\text{Max}(M_H/V_H, 1.0)$
Muatan tidak penuh	3.0

M_H : massa muatan [ton]

V_H : Volume ruang muat [m^3]

Tinggi permukaan ruang muat dapat dihitung dengan rumus (2.27)

$$h_c = h_{HPL} + h_1 + h_2 \quad (2.27)$$

Dimana:

h_{HPL} : jarak vertikal dalam m, antara pelat datar ruang muat paling bawah dengan *upper intersection*.

h_1 : jarak vertikal dalam m, yang dihitung dengan formula (2.28)

$$h_1 = \frac{M}{\rho_c B_H l_H} - \frac{B_H + b_{IB}}{2B_H} h_{HPL} - \frac{3}{16} B_H \tan \frac{\psi}{2} + \frac{V_{TS}}{B_H l_H} \quad (2.28)$$

M : massa muatan dalam setiap ruang muat [ton]

ρ_c : massa jenis muatan [t/m^3]

- V_{TS} : total volume ruang muat [m^3], antara pelat datar ruang muat paling bawah hingga *transverse stool*.
- B_H : lebar ruang muat [m]
- l_H : panjang ruang muat [m]
- b_{IB} : lebar alas dalam [m]
- h_2 : jarak vertikal dalam m, dihitung dengan formula (2.29)

$$h_2 = \frac{B_H}{4} \tan \frac{\psi}{2}, \text{ if } 0 \leq |y| \leq \frac{B_H}{4}$$

$$h_2 = \left(\frac{B_H}{2} - |y| \right) \tan \frac{\psi}{2}, \text{ if } \frac{B_H}{4} \leq |y| \leq \frac{B_H}{2} \quad (2.29)$$

- Ψ : asumsi sudut gundukan muatan dalam satuan derajat.
- Ψ : 30° muatan umum
- Ψ : 35° bijih besi
- Ψ : 25° semen

B.2 Beban Internal Ruang Muat (Pcs) dan Beban Geser Muatan (Pcs-S) Kondisi Air Tenang

Beban tekan (Pcs) ruang muat kondisi air tenang dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$p_{CS} = \rho_C g K_C (h_C + h_{DB} - z) \quad (2.30)$$

Sedangkan untuk beban geser rung muat (Pcs-s) dihitung dengan formula:

$$p_{CS-S} = \rho_C g \frac{(1 - K_C) (h_C + h_{DB} - z)}{\tan \alpha} \quad (2.31)$$

Dimana:

- P_C : massa jenis muatan, sesuai dengan Tabel II.13
- K_C : koefisien, dihitung dengan formula (2.32)

$$K_C = \cos^2 \alpha + (1 - \sin \psi) \sin^2 \alpha \quad (2.32)$$

Persamaan di atas untuk pelat alas dalam, *hopper tank*, sekat melintang dan memanjang, *lower stool*, *vertical stool* dan pelat sisi dalam.

- K_C : 0 untuk *top side tank*, geladak dan *slopped upper stool*

- α : besar sudut dalam derajat antara bagian yang dianalisis dengan bidang horizontal.
 z : koordinat Z arah vertikal [m]

B.3 Beban Internal Ruang Muat (Pcw) dan Beban Geser Muatan (Pcw-s) Kondisi Air Gelombang

Beban tekan ruang muat (Pcw) pada kondisi air gelombang dalam kN/m^2 dihitung dengan formula sebagai berikut:

- Untuk *load case* H :

$$p_{CW} = p_C [0.25a_X(x - x_G) + K_C a_Z (h_C + h_{DB} - z)] \quad (2.33)$$

- Untuk *load case* F:

$$p_{CW} = 0 \quad (2.34)$$

- Untuk *load case* R dan P:

$$p_{CW} = p_C [0.25a_Y(y - y_G) + K_C a_Z (h_C + h_{DB} - z)] \quad (2.35)$$

Beban geser ruang muat (Pcw-s) pada kondisi gelombang dalam kN/m^2 , dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- Untuk *load case* H, R, dan P:

$$p_{CW-S} = \rho_C a_Z \frac{(1 - K_C) (h_C + h_{DB} - z)}{\tan \alpha} \quad (2.36)$$

- Untuk *load case* F:

$$p_{CW-S} = 0 \quad (2.37)$$

(x-xG) diambil dengan harga 0.25lh pada kondisi H1 dan -0.25lh pada kondisi H2

- α_x : percepatan searah memanjang kapal pada titik yang ditinjau [m/s^2]

$$a_X = C_{XG} g \sin \Phi + C_{XS} a_{surge} + C_{XP} a_{pitch} \quad (2.38)$$

- α_y : percepatan searah melintang kapal pada titik yang ditinjau [m/s^2]

$$a_Y = C_{YG} g \sin \theta + C_{YS} a_{sway} + C_{YR} a_{roll} \quad (2.39)$$

- α_z : percepatan searah vertikal kapal pada titik yang ditinjau [m/s^2]

$$a_Z = C_{ZH} a_{heave} + C_{ZR} a_{roll} + C_{ZP} a_{pitch} \quad (2.40)$$

$$C_{XG}, C_{XS}, C_{XP}, C_{YG}, C_{YS}, C_{YR}, C_{ZH}, C_{ZR} \text{ dan } C_{ZP} \quad (2.41)$$

Nilai (2.41) di atas adalah faktor kombinasi yang didefinisikan pada Tabel II.8 di atas. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel II.14.

Faktor kombinasi LCF untuk loading condition 1, 2, 3, 4, 10, 11, dan 12

Tlc : 6,4 m

Tabel II.14 Faktor kombinasi beban setiap loading condition

LCF	H1	F2	P1
CWH	-1	1	-0.6
CQW	-1	1	-0.6
CWH	0	0	0
CXS	-0.8	0	0
CXP	1	0	0
CXG	1	0	0
CYS	0	0	1
CYR	0	0	0.3
CYG	0	0	0.3
CZH	0.6	0	1
CZR	0	0	0.3
CZP	1	0	0

Faktor kombinasi LCF untuk loading condition 5, 13, dan 14

Tlc : 5,312 m

LCF	H1	R1	P1
CWH	-1	0	-0.43
CQW	-1	0	-0.43
CWH	0	0.37	0
CXS	-0.8	0	0
CXP	1	0	0
CXG	1	0	0
CYS	0	0	1
CYR	0	1	0.3
CYG	0	1	0.3
CZH	0.498	0.29948	1
CZR	0	1	0.3
CZP	1	0	0

Faktor kombinasi LCF untuk loading condition 8 dan 9

Tlc : 4,8 m

LCF	F2	P1
CWH	1	-0.35
CQW	1	-0.35
CWH	0	0

CXS	0	0
CXP	0	0
CXG	0	0
CYS	0	1
CYR	0	0.3
CYG	0	0.3
CZH	0	1
CZR	0	0.3
CZP	0	0

Keterangan simbol pada rumus percepatan α_x , α_y , dan α_z :

α_{pitchx} : percepatan pitch kapal ke arah memanjang dalam m/s^2

$$a_{pitch\ x} = \Phi \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 R \quad (2.42)$$

α_{rolly} : percepatan roll kapal ke arah melintang dalam m/s^2

$$a_{roll\ y} = \Theta \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 R \quad (2.43)$$

α_{rollz} : percepatan roll kapal ke arah vertikal dalam m/s^2

$$a_{roll\ z} = \Theta \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 y \quad (2.44)$$

α_{pitchz} : pecepatan pitch kapal ke arah vertikal dalam m/s^2

$$a_{pitch\ z} = \Theta \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 |(x - 0.45L)| \quad (2.45)$$

α_{surge} : percepatan surge kapal ke arah memanjang dalam m/s^2

$$a_{surge} = 0.2\ a_0g \quad (2.46)$$

α_{sway} : percepatan sway kapal ke arah melintang dalam m/s^2

$$a_{sway} = 0.3\ a_0g \quad (2.47)$$

α_{heave} : percepatan heave kapal ke arah vertikal dalam m/s^2

$$a_{heave} = a_0g \quad (2.48)$$

Dimana:

α_0 : parameter percepatan, dihitung dengan rumus:

$$a_0 = fp\ (1.58 - 0.47C_B) \left(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2} \right) \quad (2.49)$$

Φ : *single pitch amplitude* dalam deg, dihitung dengan rumus:

$$\Phi = fp\ \frac{960}{L} \sqrt[4]{\frac{V}{C_B}} \quad (2.50)$$

T_P : periode pitch dalam s, dihitung dengan rumus:

$$T_P = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}} \quad (2.51)$$

λ : panjang gelombang dalam m, dihitung dengan rumus:

$$\lambda = 0.6 \left(1 + \frac{T_{LC}}{T_S} \right) L \quad (2.52)$$

$$R = z - \min \left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2} \cdot \frac{D}{2} \right) \quad (2.53)$$

T_R : periode roll dalam s, dihitung dengan rumus:

$$T_R = \frac{2.3 \, kr}{\sqrt{GM}} \quad (2.54)$$

θ : sudut oleng kapal dalam deg, dihitung dengan rumus:

$$\theta = \frac{9000 (125 - 0.025 T_R) f p \, kb}{(B + 75) \pi} \quad (2.55)$$

C. Beban Internal Cairan Pada Tangki

Beban cairan pada tangki merupakan penjumlahan dari tekanan cairan tangki kondisi air tenang dan tekanan pada kondisi air gelombang. Cairan yang dimaksud adalah berupa air *ballast*, air tawar, dan cairan yang lain.

$$P_B = P_{BS} + P_{BW} \quad (2.56)$$

Dimana:

P_{BS} : beban tekan cairan pada tangki kondisi air tenang, kN/m^2

P_{BW} : beban tekan cairan pada tangki kondisi air gelombang, kN/m^2

C.1 Beban Internal Cairan Pada Tangki Kondisi Air Tenang (P_{BS})

Beban internal cairan pada tangki kondisi air tenang dapat dihitung dengan persamaan:

$$p_{BS} = \rho_L \, g \, (z_{TOP} - z + 0.5 d_{AP}) \quad (2.57)$$

$$p_{BS} = \rho_L \, g \, (z_{TOP} - z) + 100 P_{PV} \quad (2.58)$$

Hasil dari persamaan di atas diambil yang paling besar.

Dimana:

$$d_{AP} = z_{BO} - z_{TOP} \quad (2.59)$$

z_{TOP} : jarak z, diukur dari permukaan teratas tangki sampai baseline [m]

z_{BO} : jarak z, diukur dari permukaan teratas pipa overflow sampai baseline [m]

P_{PV} : pengaturan tekanan dari katup pengaman, diambil 0.2 bar

ρ_L : massa jenis cairan [ton/m^3]

Untuk analisis beban lokal, P_{BS} tidak kurang dari $25 \, \text{kN/m}^2$

C.2 Beban Internal Cairan Pada Tangki Kondisi Air Gelombang (P_{BW})

Beban tekanan cairan pada tangki pada kondisi air gelombang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- Untuk load case H:

$$p_{BW} = \rho_L [a_z(z_{TOP} - z) + a_x(x - x_B)] \quad (2.60)$$

($x-x_B$) diambil sebesar 0.75 IH pada kondisi H1 atau - 0.75 IH untuk kondisi H2 untuk perhitungan beban lokal dan pemeriksaan *fatigue*.

- Untuk load case F:

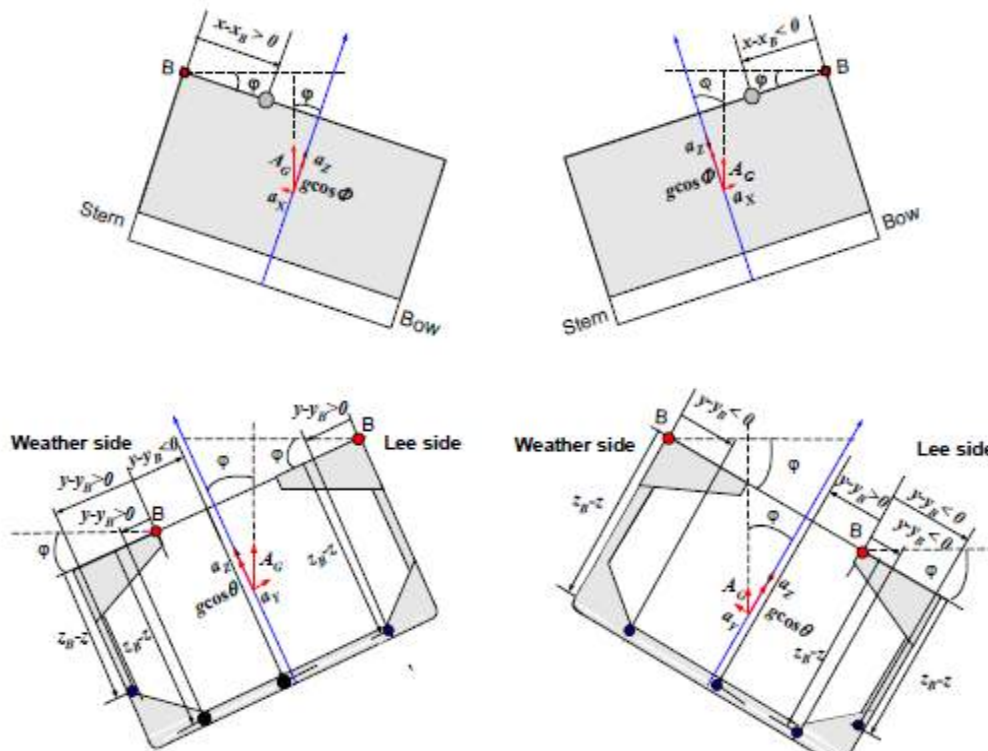
$$P_{BW} = 0 \quad (2.61)$$

- Untuk load case R dan P:

$$p_{BW} = \rho_L [a_z(z_B - z) + a_y(y - y_B)] \quad (2.62)$$

Dimana:

x_B , y_B , z_B : definisi dijelaskan oleh gambar berikut.



Gambar II.22 Definisi x_B , y_B , z_B
(IACS, 2014)

II.2.21. Kriteria Tegangan Geser

Berdasarkan regulasi CSR for Bulk Carriers Chapter 5, Section 1.3.2.1, tegangan geser yang diijinkan tidak boleh melebihi dari $120/k \text{ N/mm}^2$.

$$\tau \leq 120/k \quad (2.63)$$

dimana, k = faktor material berdasarkan CSR chapter 3, section 1.2.2

Faktor material k untuk baja kekuatan normal dan tinggi dapat dilihat pada Tabel II.12. R_{EH} adalah minimum yield stress dari material. Untuk nilai R_{EH} berada diantaranya, nilai k didapat berdasarkan interpolasi linier. Apabila digunakan baja dengan yield stress lebih dari 390 N/mm^2 maka akan dipertimbangkan oleh klas.

Tabel II.15 Faktor material k

(IACS, 2014)

Minimum yield stress R_{eH} , in N/mm^2	k
235	1
315	0.78
355	0.72
390	0.68

II.2.22. Kelas dan Grade Material

Material baja yang digunakan tidak boleh lebih rendah daripada kelas I, II, dan III seperti yang ditunjukkan oleh Tabel II.16.

Tabel II.16 Kelas material untuk kelas I, II, dan III

(IACS, 2014)

Class	I		II		III	
As-built thickness (mm)	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 \leq 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 \leq 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 \leq 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 \leq 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 \leq 40$	B	AH	D	DH	E	EH
$40 \leq 50$	D	DH	E	EH	E	EH
Notes : NSS : Normal strength steel						
HSS : Higher strength steel						

Setiap konstruksi pada kapal mempunyai standar material tersendiri. Kelas dan grade sudah ditentukan dalam Tabel II.17.

Tabel II.17 Standar kelas dan grade material secara umum
(IACS, 2014)

Structural member category	Material class/grade
SECONDARY: A1 Longitudinal bulkhead strakes, other than that belonging to the Primary category A2 Deck plating exposed to weather, other than that belonging to the Primary or Special category A3 Side plating	- class I within 0.4L amidships - grade A/AH outside 0.4L amidships
PRIMARY: B1 Bottom plating, including keel plate B2 Strength deck plating, excluding that belonging to the Special category B3 Continuous longitudinal members above strength deck, excluding hatch coaming B4 Uppermost stake in longitudinal bulkhead B5 Vertical stake (hatch side girder) and uppermost sloped stake in top wing tank	- class I within 0.4L amidships - grade A/AH outside 0.4L amidships
SPECIAL: C1 sheer stake at strength deck ⁽¹⁾ C2 stringer plate in strength deck ⁽¹⁾ C3 deck stake at longitudinal bulkhead, excluding deck plating in way of inner-skin bulkhead of double-hull ships ⁽¹⁾	-class III within 0.4L amidships -class II within 0.4L amidships -class I within 0.6L amidships
C5 strength deck plating at corners of cargo hatch openings	-class III within 0.6L amidships -class II within rest of cargo region
C6 bilge stake in ships with double bottom over the full breadth and length less than 150 m ⁽¹⁾	-class II within 0.6L amidships -class I within 0.6L amidships
C7 bilge stake in other ships ⁽¹⁾	-class III within 0.4L amidships -class II within 0.4L amidships -class I within 0.6L amidships
C8 longitudinal hatch coaming of length greater than 0.15L C9 end brackets and deck house transition of longitudinal cargo hatch coaming ⁽²⁾	-class III within 0.4L amidships -class II outside 0.4L amidships -class I outside 0.6L amidships
(1) single strakes required to be of Class III within 0.4L amidships are to have breadths not less than 800+5L, and need not be greater than 1800 (mm), unless limited by the geometry of the ship's design. (2) applicable to bulk carriers having the longitudinal hatch coaming of length greater than 0.15L	

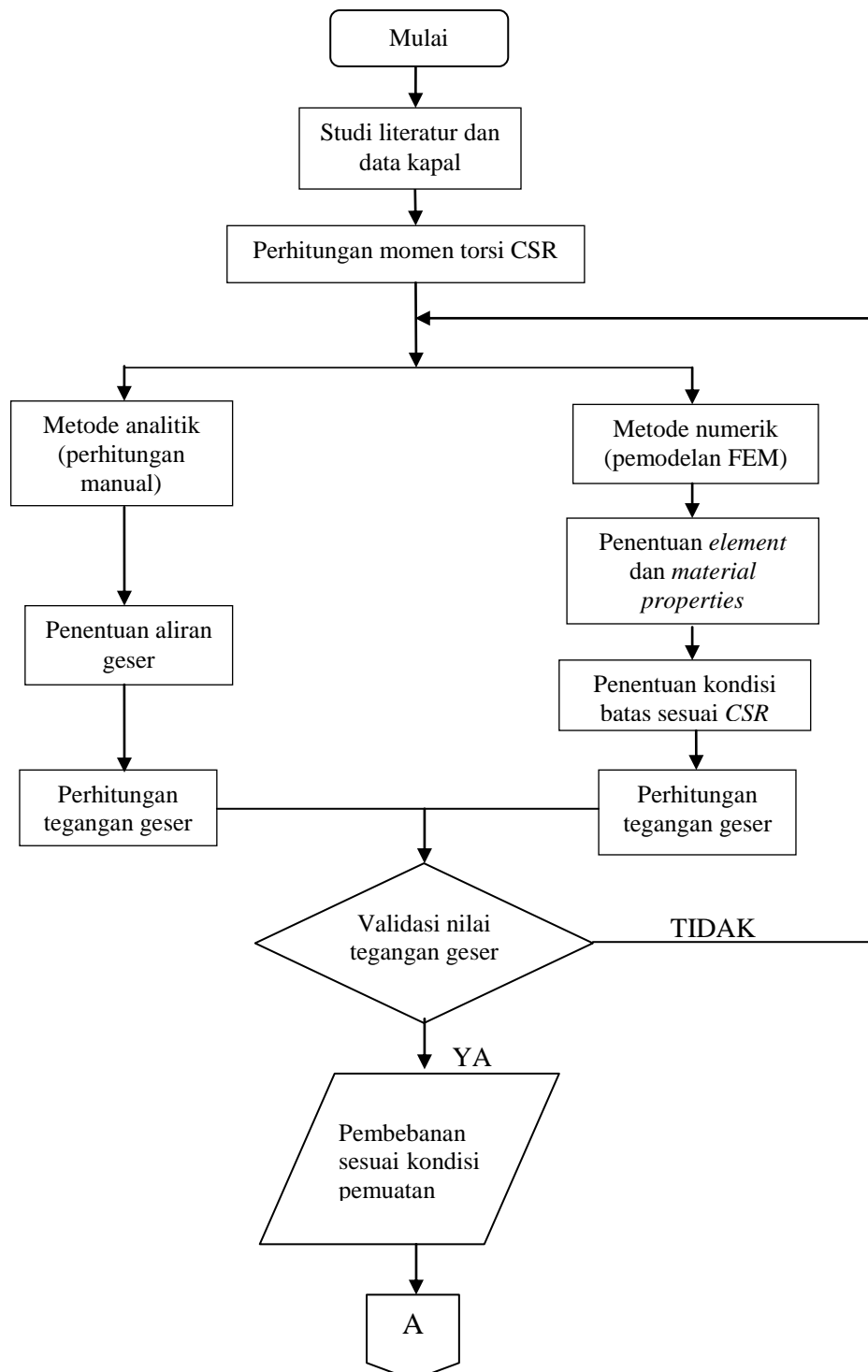
Dari keterangan Tabel II.17 bisa diketahui grade dan kelas material untuk masing-masing bagian kapal. Kelas dan grade material akan menentukan minimum *yield stress* dan nilai *k* dari material yang akan dibutuhkan dalam perhitungan kekuatan kapal.

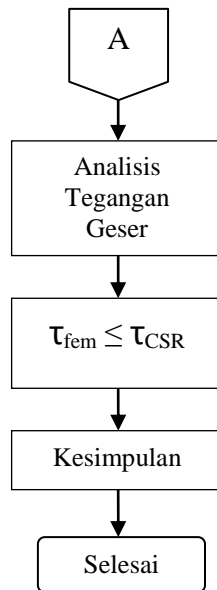
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alir

Metodologi yang digunakan dalam menyusun Tugas Akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) pengerjaan pada Gambar III.1.





Gambar III.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

Penjelasan proses dari tiap-tiap tahap diagram alir gambar III.1 dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.

III.2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan guna untuk memahami permasalahan yang ada. Studi literatur pada penelitian ini adalah berkaitan dengan pemahaman cara menghitung tegangan geser pada kapal secara manual dan menggunakan pemodelan dengan *finite element software*. Selain itu juga dilakukan studi literatur tentang teori – teori tegangan geser yang menyangkut momen bending, momen torsi, dan variasi beban muatan berdasarkan *CSR Bulk Carrier*. Studi literatur ini dilakukan dengan menggunakan buku-buku referensi, *browsing* internet, dan regulasi yang digunakan, dalam hal ini adalah *Common Structural Rules For Bulk Carrier*.

III.3. Data Kapal

Dalam tugas akhir ini dilakukan studi kasus pada *bulk carrier* dengan kapasitas 11096 DWT. Data – data yang diperlukan diantaranya adalah gambar penampang melintang, rencana bukaan kulit, rencana garis, perhitungan kekuatan memanjang, dan rencana struktur kapal. Kapal yang dijadikan studi kasus pada tugas akhir ini adalah kapal tipe *bulk carrier* yang dengan ukuran utama sebagai berikut:

<i>Lenght overall (Loa)</i>	: 149	m
<i>Lenght between perpendicular (Lpp)</i>	: 143,5	m
<i>Breadth moulded (B)</i>	: 21	m

<i>Depth moulded (D)</i>	: 13,2	m
<i>Draft (T)</i>	: 6,1	m
<i>Scantling draft</i>	: 6,4	m
<i>Sea speed (Vs)</i>	: 6,5	knots
<i>Deadweight</i>	: 11096	ton
<i>Complement</i>	: 31	persons

Gambar penampang melintang kapal dapat dilihat pada Lampiran A.

III.4. Perhitungan Momen Torsi CSR

Besar nilai torsi yang digunakan untuk perhitungan manual (analitik) dan pemodelan FEM (numerik) adalah sama. Nilai torsi diperoleh dari formula yang ada di CSR sesuai dengan Rumus 2.1 , Bab II.2.4. Perhitungan nilai torsi dapat dilihat pada Lampiran B.

III.5. Pemodelan Elemen Hingga (Numerik)

III.5.1. Pemilihan dan Penentuan Elemen

Elemen yang terdapat pada *finite element software* dapat dikategorikan ke dalam jenis elemen 2D (2 dimensi) dan 3D (3 dimensi). Elemen ini terdiri dari elemen titik, elemen garis, elemen luasan, dan elemen solid (padat). Elemen-elemen ini dapat dikombinasikan sesuai dengan yang dibutuhkan. Misalnya elemen garis dapat digunakan untuk memodelkan struktur pipa atau penegar dengan tipe elemen 2D atau 3D beam. Tipe elemen 2D solid digunakan untuk struktur datar tipis, sedangkan elemen 3D digunakan untuk struktur tebal di ruang 3D.

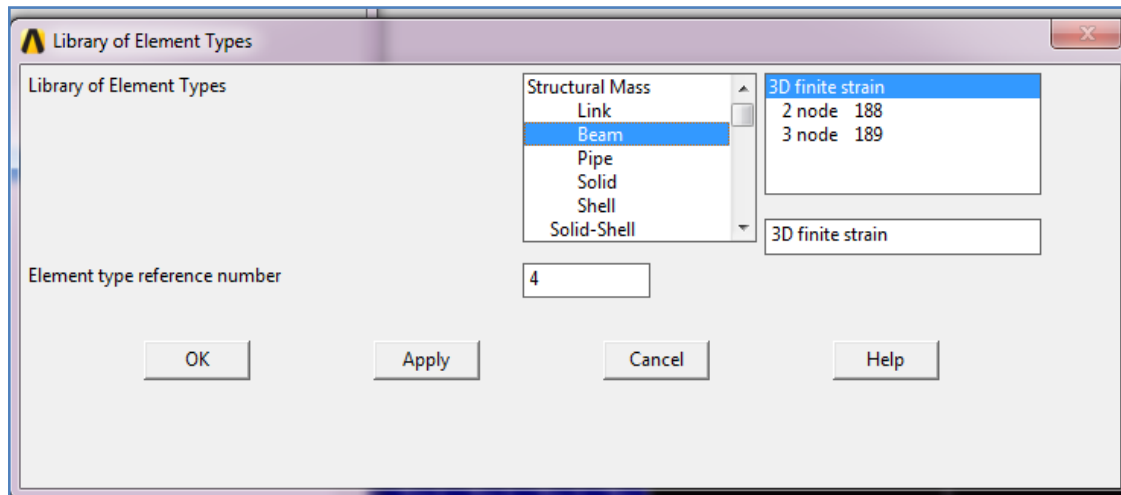
A. Line element

Beberapa tipe elemen garis dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan analisis yang akan dilakukan. Jenis elemen garis tersebut adalah:

1. *Beam 188 3D finite strain*, elemen *beam* ini mempunyai 2 *node* dan 6/7 derajat kebebasan. Digunakan untuk analisis balok slender ataupun moderat/tebal.
2. *Beam 189 3D finite strain*, elemen *beam* ini mempunyai 3 *node* dan 6 derajat kebebasan terdiri dari tiga translasi dan tiga rotasi. *Beam 189* cocok untuk analisa struktur ramping sampai struktur agak tebal dari balok. Elemen ini didasarkan pada teori balok Timoshenko. Efek deformasi juga diikutkan. *Beam 189* lebih elastis dibandingkan dengan *beam* yang hanya mempunyai 2 *node* karena merupakan tipe

elemen yang mempunyai 3 *node*. Elemen ini baik digunakan analisa linear, rotasi yang besar atau aplikasi regangan nonlinear.

Dari penjelasan di atas elemen *beam 189* dipilih untuk pemodelan penegar, penumpu, *flens*, maupun pilar pada tugas akhir ini. Pemilihan elemen dilakukan pada kotak dialog *element library* seperti pada Gambar III.2.



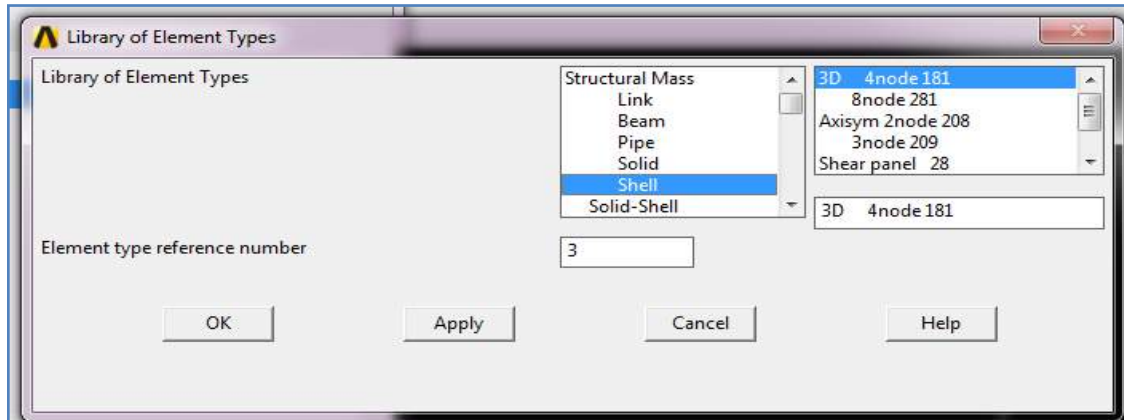
Gambar III.2 *Element library* untuk *beam element*

B. Shell Element

Pada *finite element software* terdapat banyak jenis *shell element*. Seperti halnya *beam element*, jenis *shell element* dipilih sesuai dengan kebutuhan analisis yang akan dilakukan. Macam-macam tipe *shell element* tersebut adalah sebagai berikut:

1. 3D 4node 181
2. 8node 281
3. Axisym 2node 208
4. 3node 209
5. Shear panel 28
6. Membrane 41
7. Axi-harmonic 61

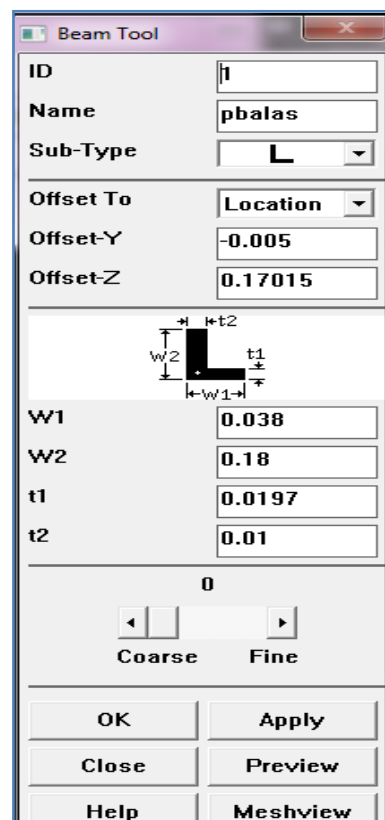
Pada pemodelan untuk tugas akhir ini digunakan jenis shell element 8node 281 karena cocok untuk perhitungan beban geser.



Gambar III.3 *Element library* untuk *shell element*.

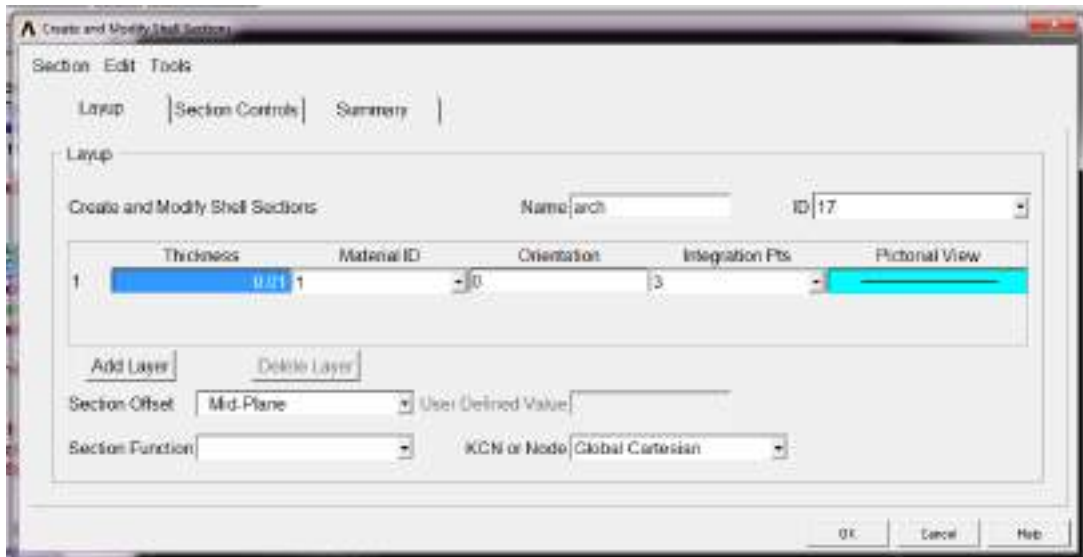
C. Section

Dalam pemodelan struktur kapal perlu dimasukkan ukuran dari komponen *beam* maupun *shell* yang akan digunakan. Input ukuran tersebut terdapat pada menu *section*. Untuk *beam element* dan *shell element* mempunyai *tool* yang berbeda.



Gambar III.4 *Beam tool* untuk mendefinisikan ukuran profil pada *beam elemen*

Pada kolom *beam tool* seperti ditunjukkan pada Gambar III.4, dimasukkan ukuran seperti *w* (lebar), *t* (tebal), dan juga penamaan *section* agar mempermudah dalam proses meshing.



Gambar III.5 *Create and modify shell section* untuk memasukkan tebal pelat pada *shell element*

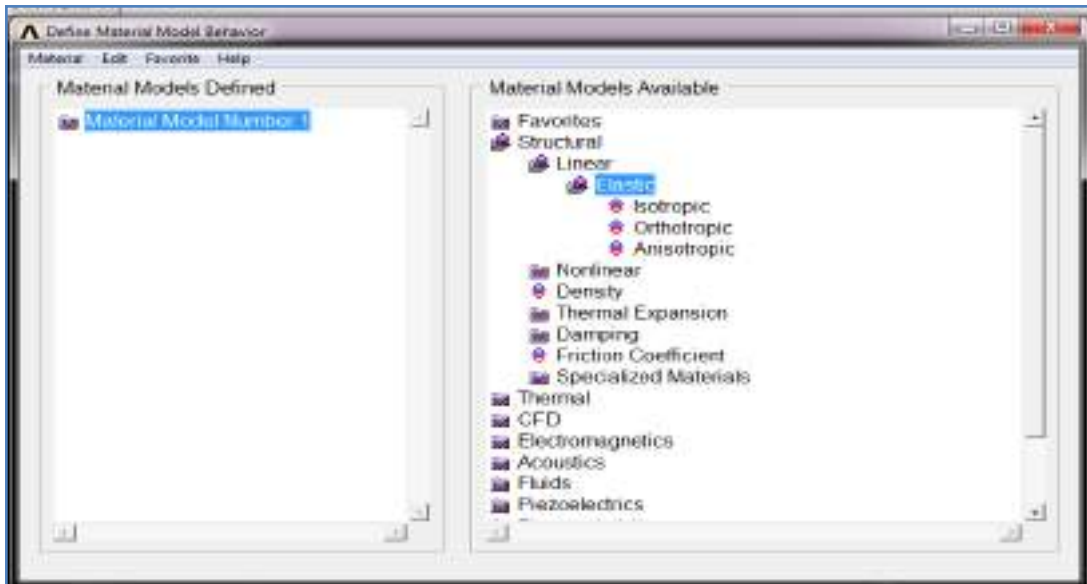
Pada kotak dialog Gambar III.5 diisikan ukuran pelat seperti *t* (tebal) dan juga diisikan nama agar mudah dalam proses *meshing*.

D .Material Properties

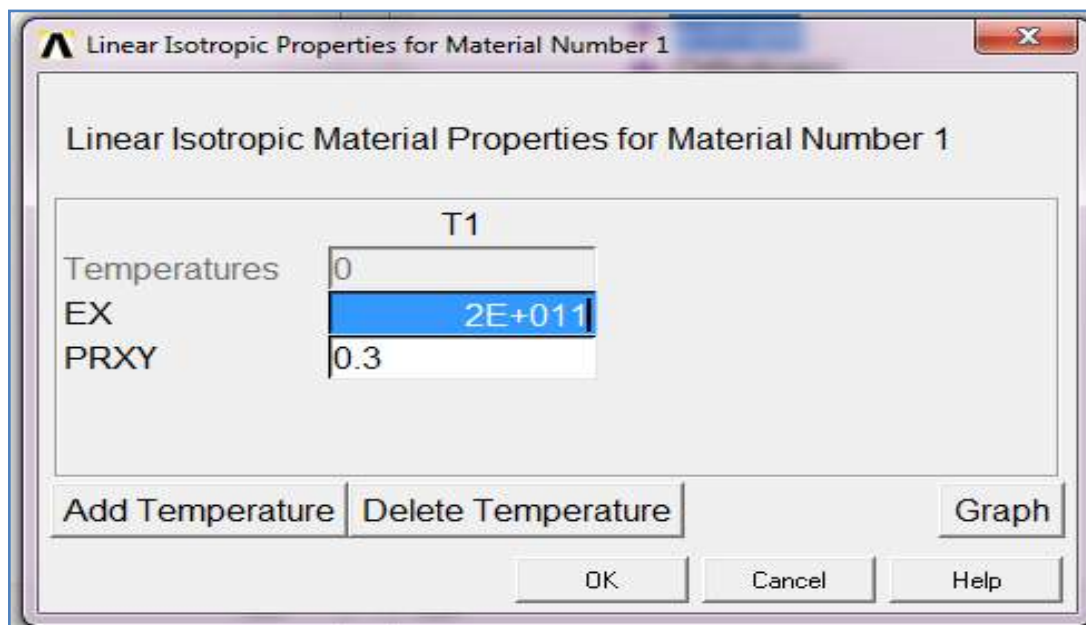
Material properties dipilih melalui *material properties behavior* ditunjukkan pada Gambar III.6. Pada *material properties behavior* dipilih analisa *structural linear*, kemudian pilih *material elastic isotropic*. Pada kolom *material elastic isotropic*, Gambar III.7, terdapat kolom EX yang harus diisi dengan harga modulus elastisitas dari material yang digunakan. Kolom PRXY harus diisi dengan harga *poisson ratio* dari material yang digunakan. Kemudian juga terdapat kolom *density*, Gambar III.8, yang harus diisi dengan massa jenis material. Oleh karena itu harga dari *material properties* ditentukan oleh jenis material yang digunakan pada struktur kapal. Modulus elastisitas (*Young's modulus*), *poisson ratio* dan massa jenis (*density*) dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Modulus elastisitas (*Young's modulus*) adalah ukuran dari seberapa mudahnya suatu material untuk meregang ketika ditarik atau seberapa baik material memendek ketika ditekan. Semakin besar nilai modulus elastisitas semakin besar pula gaya yang diperlukan untuk meregangkan atau memendekkan dari suatu material. Misalnya aluminium mempunyai harga modulus elastisitas 70 Gpa, sedangkan baja mempunyai nilai modulus elastisitas 200 Gpa. Dapat ditarik kesimpulan bahwa baja kurang lebih tiga kali lebih kaku dari pada aluminium. Modulus elastisitas yang digunakan dalam pemodelan kapal ini adalah 200 Gpa.

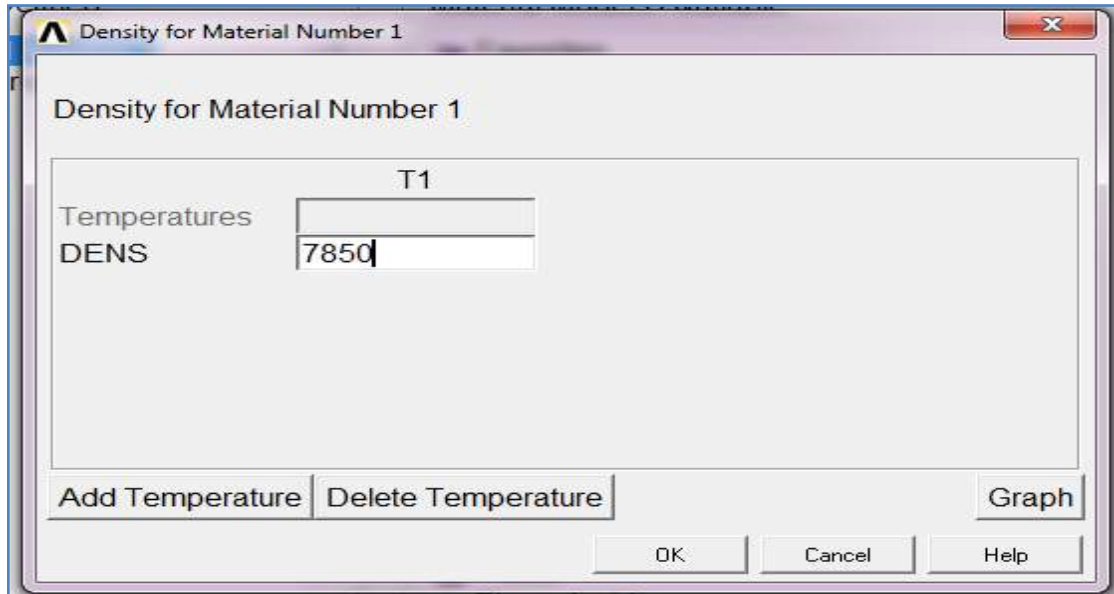
2. *Poisson ratio* adalah perbandingan antara regangan lateral dan regangan aksial akibat gaya uniaksial. Dalam hal ini poisson ratio untuk baja diambil 0.3 .
3. *Density* adalah massa per unit volume. Density baja adalah 7850 kg/m^3



Gambar III.6 *Material Model Behavior*



Gambar III.7 *Linear Isotropic Properties*



Gambar III.8 Density of material

III.5.2. Modelling

Kapal dapat dikatakan sebagai pelat berpenegar, dengan kata lain adalah luasan yang dibatasi oleh penegar. Untuk membuat luasan tersebut harus dimulai dari input *keypoint* (titik), *keypoint* menjadi *line* (garis), setelah itu *line* menjadi area (luasan). Tahapan-tahapan membuat luasan dijelaskan sebagai berikut:

1. Keypoint

Untuk membuat *line* harus didahului dengan membuat *keypoint*, *keypoint* dapat dibuat dengan memasukkan koordinat sesuai yang diinginkan atau langsung pada sebarang tempat di lembar kerja.

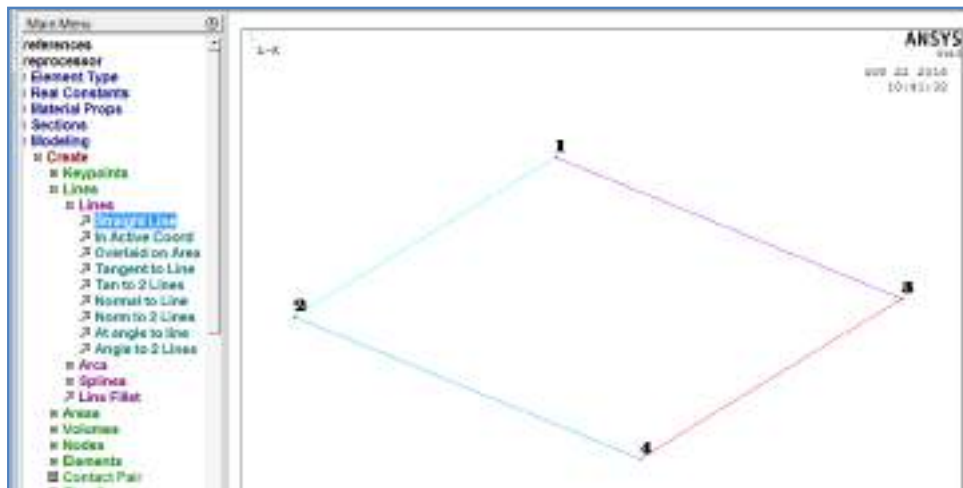


Gambar III.9 Keypoint

Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar III.9 telah dibuat keypoint dengan nomor 1, 2, 3, dan 4. Dari keypoint-keypoint tersebut akan dibuat line.

2. Line

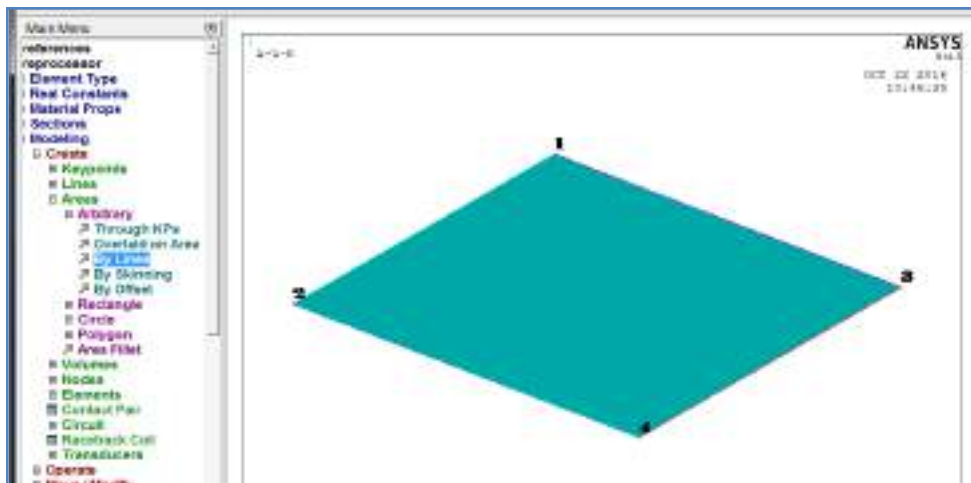
Line dibentuk minimal dari 2 *keypoint*. Untuk membuat garis lengkung digunakan perintah *splines*. Untuk garis lurus menggunakan *straight line*. Setelah itu buat garis-garis yang lain hingga semua bagian kapal terbentuk. Gambar III.10 menunjukkan line yang dibentuk dari keypoint pada Gambar III.9.



Gambar III.10 Lines

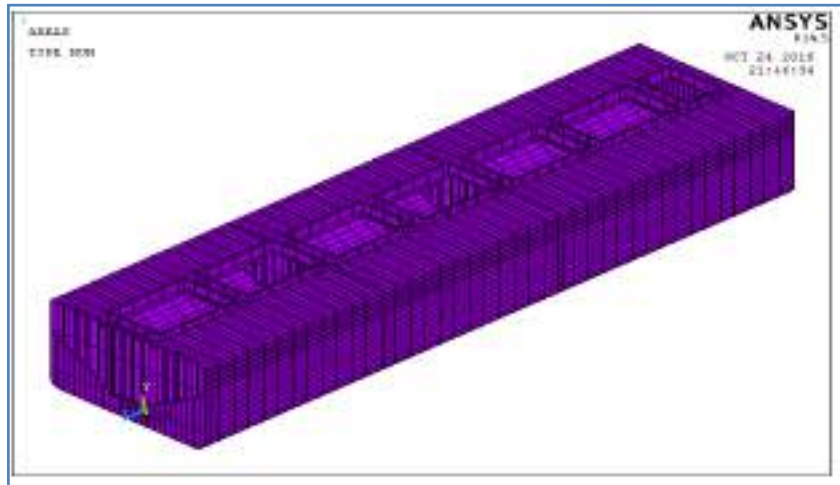
3. Area

Untuk membuat luasan atau *area*, yang dibutuhkan adalah minimal 3 garis untuk luasan yang datar. Jika luasan berbentuk lengkung seperti dalam model ini, maka area harus dibuat dengan 4 garis, tidak boleh kurang atau lebih. Jika tidak, maka *software* tidak dapat membuat luasan tersebut.



Gambar III.11 Area

Gambar III.11 menunjukkan area yang terbentuk dari lines pada gambar III.10. Sedangkan Gambar III.12 adalah model penuh yang dipakai dalam tugas akhir ini terdiri gabungan beberapa area.



Gambar III.12 Tampilan model dalam plot area

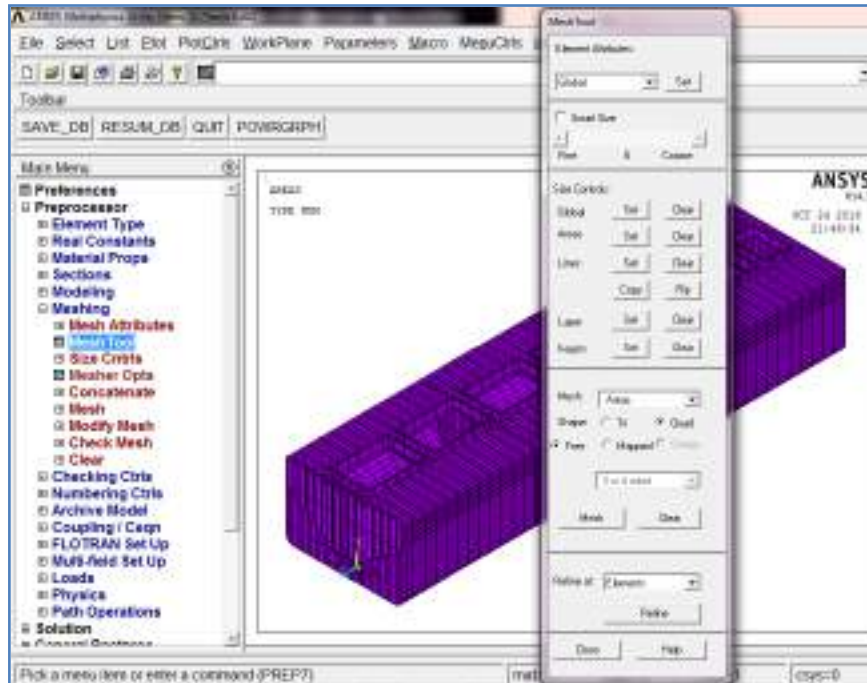
III.5.3. Meshing

Meshing merupakan salah satu tahapan yang penting dalam pemodelan elemen hingga. Proses *meshing* ini yang akan menentukan akurat atau tidaknya hasil perhitungan. Semakin besar ukuran *meshing* maka hasil kurang akurat dan semakin kecil ukuran *meshing* maka hasil semakin akurat. Namun ukuran *meshing* yang semakin kecil maka akan membutuhkan spesifikasi komputer yang semakin besar, karena jumlah nodalnya semakin banyak. Oleh sebab itu pemilihan ukuran *meshing* sangat penting.

Secara umum *meshing* merupakan tahapan mendiskritkan model geometri menjadi elemen-elemen hingga dan titik-titik nodal yang akan dianalisa. Pada saat penentuan ukuran elemen, keselarasan ukuran elemen perlu diperhatikan agar hasil yang diperoleh hasil yang seragam. Ukuran elemen ini dapat digunakan sebagai salah satu variabel konvergensi yang telah dijelaskan pada bab dua.

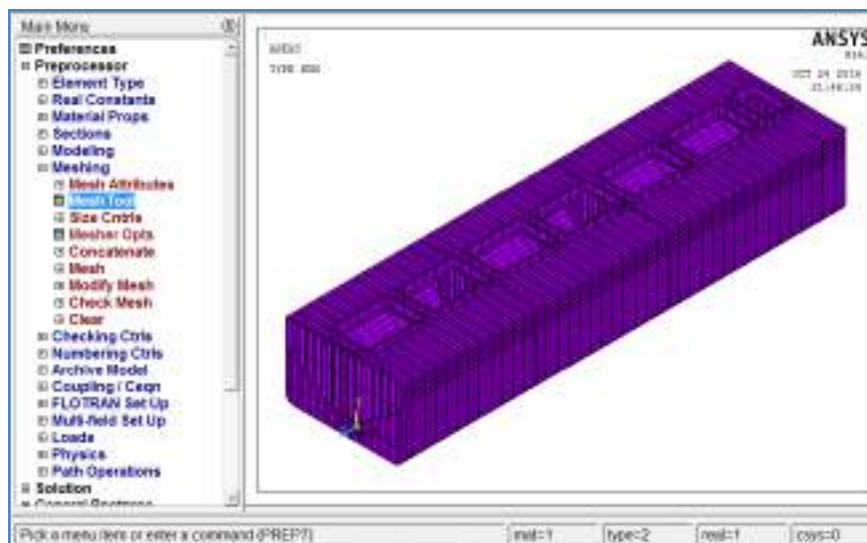
Tahapan *meshing* adalah sebagai berikut:

1. Pada main menu *meshing* pilih sub menu *mesh tool*. Kotak dialog mesh tool seperti pada Gambar III.13.
2. Pada *mesh attribute* pilih jenis model yang akan dilakukan *mesh* (*keypoint*, *line*, *area* atau *volume*).
3. Pada *size control* pilih ukuran elemen yang diinginkan.

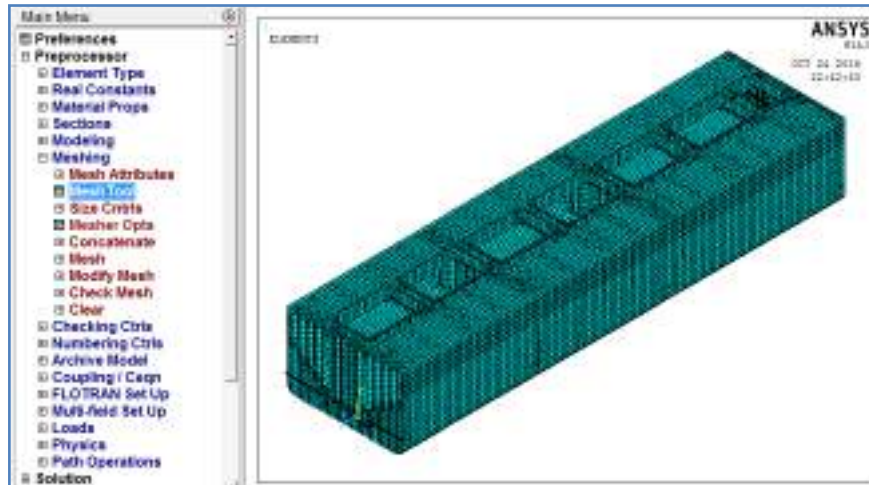


Gambar III.13 Mesh tool

4. Langkah terakhir yang dilakukan adalah *meshing* model. *Meshing* dibagi berdasarkan jenis elemen dan model, diantaranya adalah *keypoint*, *line*, *area* dan *volume*. Untuk *area* dapat dibagi lagi menjadi *triangular* dan *quadratic*. Untuk *volume* dapat dibagi lagi menjadi *tetrahedral* dan *hexahedral*. Gambar III.14 adalah model yang belum dilakukan meshing, sedangkan Gambar III.15 adalah model yang sudah dilakukan meshing.



Gambar III.14 Tampilan model sebelum dilakukan meshing



Gambar III.15 Tampilan model setelah dilakukan meshing

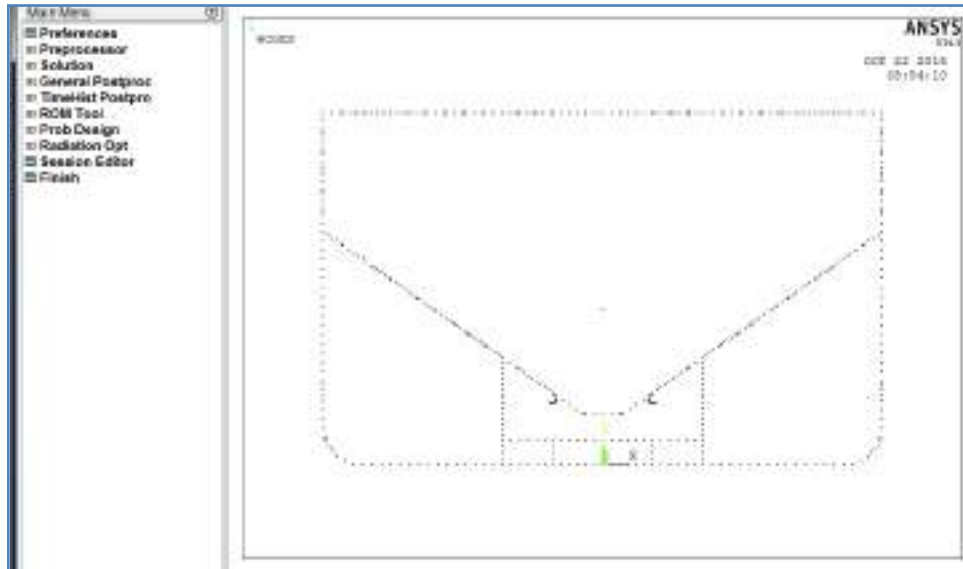
III.5.4. Kondisi batas

Sesuai dengan regulasi *CSR* untuk kondisi batas diberikan pada *independent point* di kedua ujung model. *Independent point* adalah titik *neutral axis* dari model pada daerah tersebut. Untuk node pada sekeliling *independent point* didefinisikan sebagai *rigid link* (IACS, 2014).

Tabel III.1 *Rigid link* pada kedua ujung model.
(IACS, 2014)

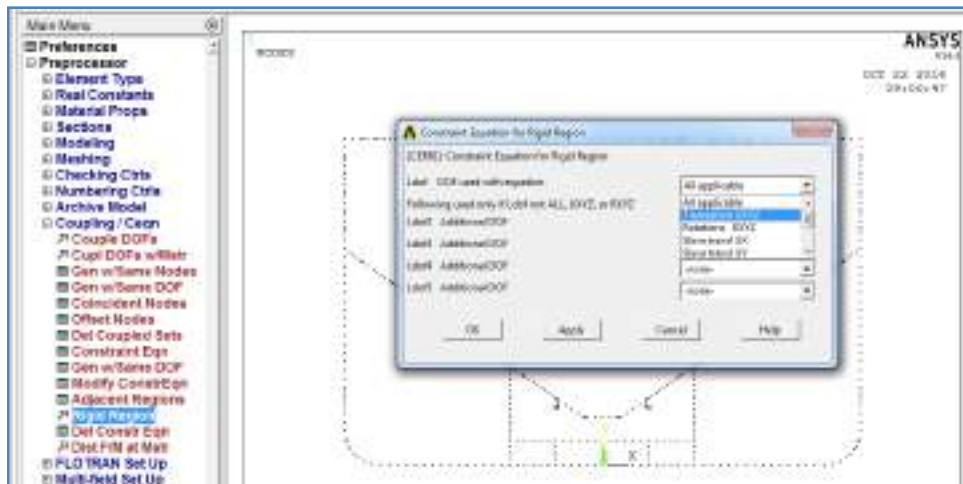
Node pada bagian <i>longitudinal</i> pada kedua ujung model	Translasi			Rotasi		
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
Semua bagian <i>longitudinal</i>	RL	RL	RL	-	-	-
RL adalah bagian yang kaku.						

Yang dimaksud dengan node di sekeliling indepent point adalah node-node dari elemen longitudinal, yaitu pelat, penumpu, dan longitudinal yang lain. Sedangkan yang dimaksud rigid adalah penampang dibuat kaku sehingga beban yang diaplikasikan pada penampang bisa disalurkan ke seluruh model. Penampang rigid dibuat melalui menu *Preprocessor*, kemudian pilih *Coupling, rigid region*. Selanjutnya node sebagai independent point dan rigid link dipilih. Penentuan kondisi batas rigid link- pun dilakukan pada tahap ini. Dalam hal ini kondisi batas node rigid link adalah pada arah translasi UXYZ seperti pada Tabel III.1



Gambar III.16 Node pada ujung penampang

Dapat dilihat pada gambar III.16 node sebagai independent point adalah yang terletak di tengah, sedangkan yang mengelilinginya adalah node sebagai rigid link.



Gambar III.17 Penentuan kondisi batas pada rigid link

Independent point mempunyai kondisi batas tersendiri dapat dilihat pada Tabel III.2

Tabel III.2 *Independent point* pada kedua ujung model.
(IACS, 2014)

Lokasi	Translasi			Rotasi		
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
<i>Independent point</i> ujung belakang	-	fix	fix	fix	-	-
<i>Independent point</i> ujung depan	fix	fix	fix	fix	-	-



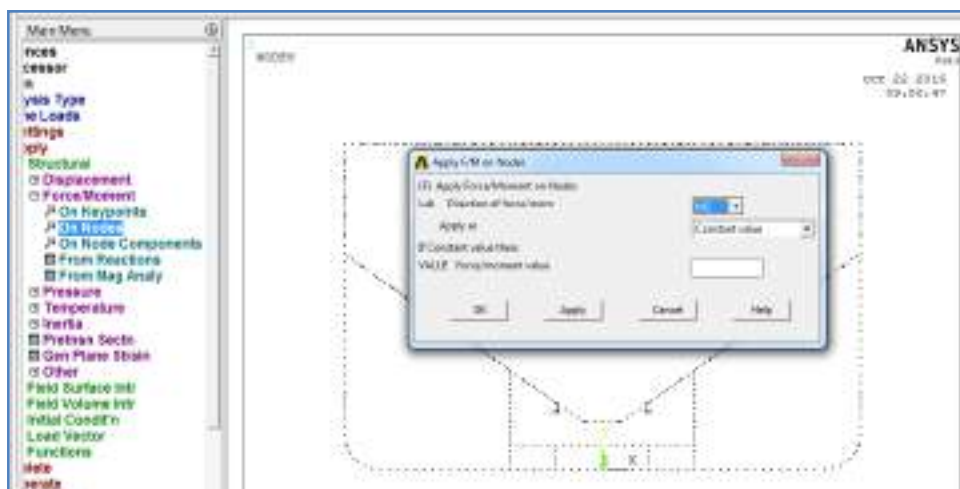
Gambar III.18 Penentuan kondisi batas pada independent point

III.5.5. Konvergensi

Dalam tugas akhir ini tidak dilakukan konvergensi karena ukuran elemen sudah ditentukan oleh CSR. Apabila elemen *orthotropic* tidak digunakan maka ukuran elemen adalah sama dengan atau lebih kecil dari jarak pembujur atau gading (IACS, 2014). *Bulk carrier* ini mempunyai jarak pembujur 0,75 meter sehingga ukuran elemen yang digunakan adalah 0,75.

III.5.6. Pembebanan Torsi Sesuai CSR

Torsi yang diperoleh dari perhitungan rumus CSR, rumus 2.1 pada Bab II, diaplikasikan pada *independent point node* pada ujung-ujung model.



Gambar III.19 Input nilai torsi

Gambar III.19 adalah kotak dialog pada saat memasukkan nilai torsi. Arah gaya adalah MZ karena sumbu arah memanjang model adalah Z. Nilai torsi dimasukkan ke dalam kolom *force/moment value*.

III.5.7. Running

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan tipe penyelesaian dari masalah elemen hingga. Pada umumnya penyelesaian ada dua jenis yaitu analisa statik dan analisa dinamik. Pada analisa perbandingan bentuk lambung ini menggunakan analisa statik. Penyelesaian dilakukan terhadap model dalam bentuk elemen sesuai dengan pembebanan dan kondisi batas yang diberikan pada model.

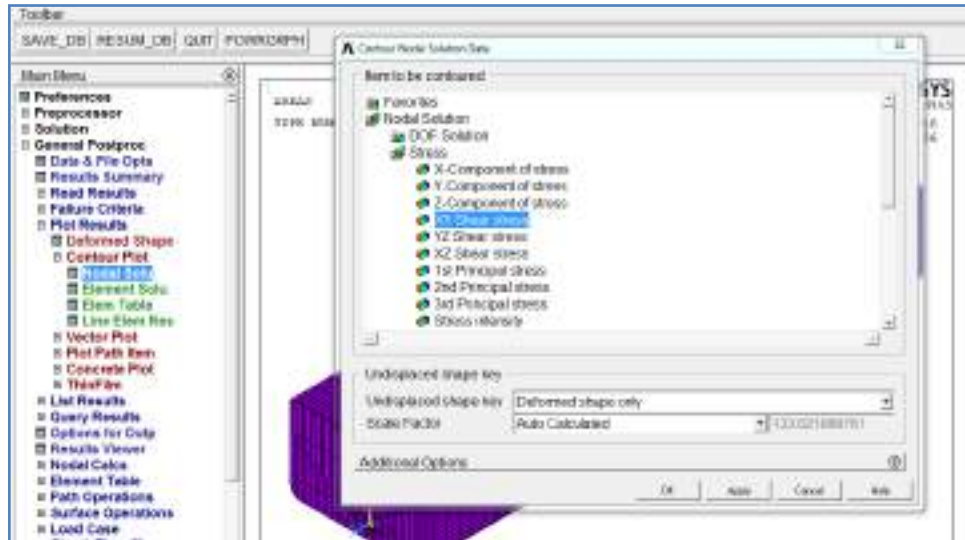
Proses ini sering disebut dengan istilah *running*. Pada tahapan ini *finite element software* menjalankan proses analisa terhadap model yang telah digenerasi dalam bentuk elemen hingga serta telah diberi kondisi batas dan beban tertentu. Dari proses ini nanti bisa diketahui apakah model kita telah memenuhi untuk dianalisa atau belum. Setelah itu computer melakukan perhitungan inverse matrik yang jumlah baris dan kolomnya bergantung pada jumlah nodal yang dibuat. Semakin banyak elemen, maka waktu yang dibutuhkan semakin lama. Selain waktu yang dibutuhkan semakin lama, semakin banyak elemen juga akan mempengaruhi kapasitas komputer yang dibutuhkan. Jika kapasitas tidak memenuhi maka proses *running* akan terhenti dan mengalami *error*.



Gambar III.20 Tampilan pada saat running

III.5.8. Pembacaan Hasil

Setelah proses *running* selesai, hasil dapat ditampilkan dalam beberapa pilihan. Hasil-hasil tersebut dapat ditampilkan sesuai dengan apa yang kita pilih pada tampilan menu seperti pada Gambar III.21. Misalnya untuk stress, dibagi lagi menjadi beberapa menu. Gambar III.21 menunjukkan hasil apa saja yang dapat ditampilkan setelah proses running selesai.



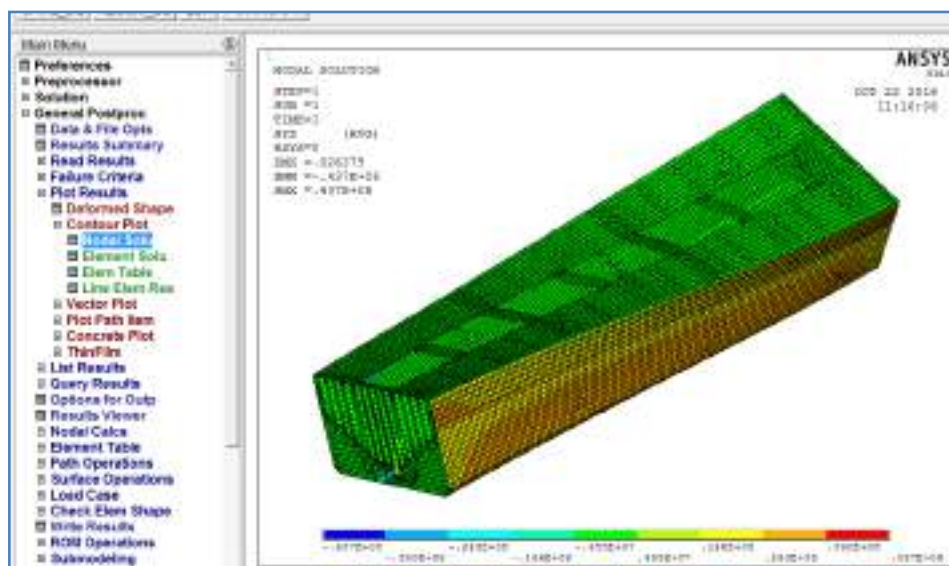
Gambar III.21 Pemilihan hasil perhitungan pada *AnsysMechanical*

Untuk macam tampilan yang mempermudah dalam untuk keperluan pembacaan hasil dapat dipilih beberapa macam tampilan hasil. Tampilan hasil tersebut antara lain : *plotresult*, *listresult* dan *queryresult*.

Beberapa tampilan tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. *Plotresult*

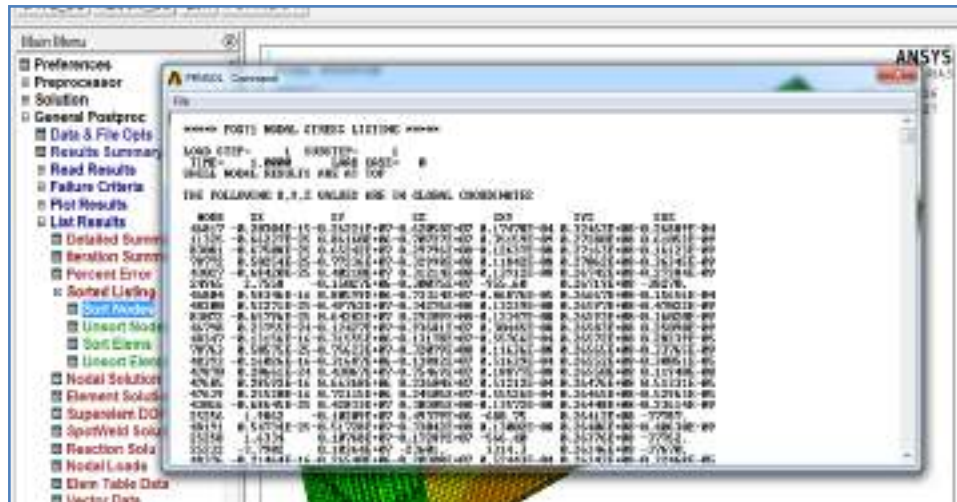
Plotresult adalah menampilkan hasil dalam bentuk plot atau pemetaan dengan perbedaan gradasi warna untuk menunjukkan suatu nilai hasil. Contoh hasil plot *result* untuk tegangan geser akibat beban torsi ditunjukkan pada Gambar III.24.



Gambar III.22. Tampilan *plotresult*

2. Listresult

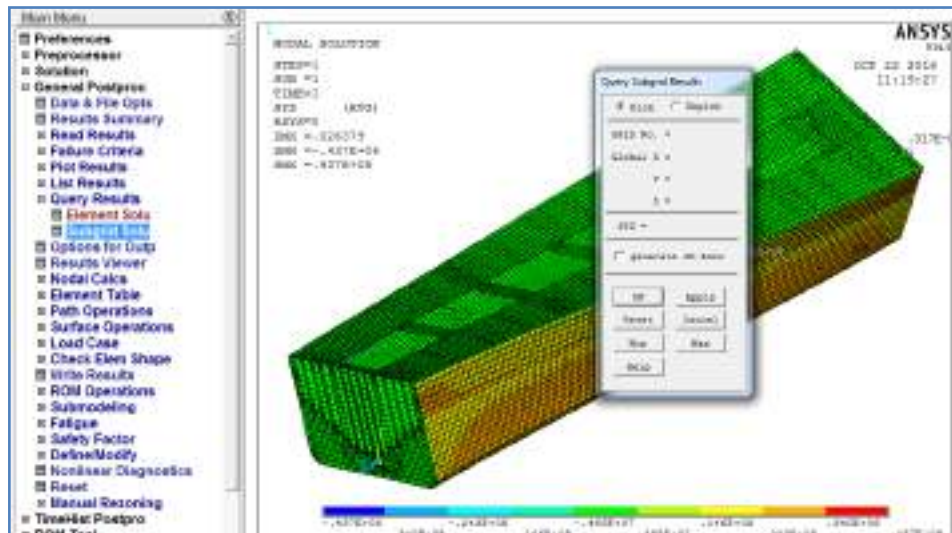
Listresult adalah menampilkan hasil dalam bentuk list atau daftar dengan nomor nodal dan besarnya nilai dari suatu nilai tegangan misalnya. Contoh hasil *listresult* untuk tegangan geser ditunjukkan pada Gambar III.25.



Gambar III.23. Tampilan *listresult*

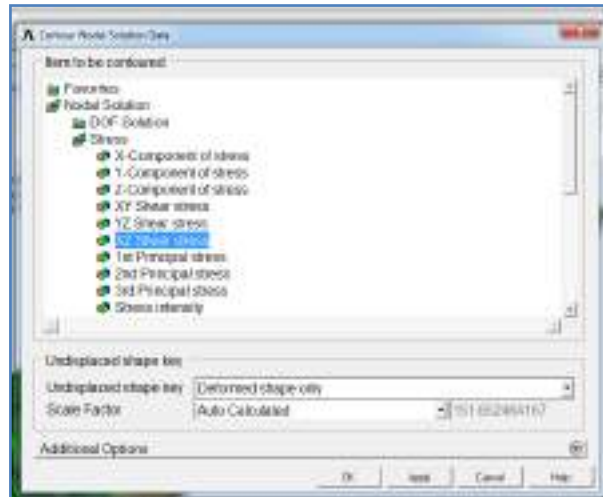
3. Queryresult

Queryresult adalah menampilkan hasil perhitungan dengan memilih sendiri nodal yang ingin kita ketahui nilainya, contohnya seperti pada Gambar III.26.



Gambar III.24. Tampilan *queryresult*

Pada pemodelan ini, penulis menggunakan plot result untuk mengetahui hasil running. Plot result tegangan geser mempunyai arah bidang yang berbeda sesuai bidang yang ditinjau. Pada tugas akhir ini digunakan arah bidang X untuk melintang, Y vertikal, dan Z ke arah memanjang.



Gambar III.25 Plot result tegangan

III.6. Perhitungan Manual Tegangan Geser (Analitik)

Perhitungan analitik tegangan geser akibat torsi menggunakan rumus dari buku *Ship Structural Design* oleh Owen F. Hughes yang sudah dijelaskan pada Bab II, II.2.8. Perhitungan pada penampang tertutup dipilih karena lebih mudah dimengerti. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran C.

III.7. Validasi Nilai Tegangan Geser

Menurut Hong (2009) pendekatan untuk menganalisis struktur kapal dapat dikategorikan menjadi 3 metode, yaitu metode numerik, metode analitik, dan metode eksperimen. Metode eksperimen digunakan sebagai verifikasi saat dua metode sebelumnya, numerik dan analitik, sudah terverifikasi. Apabila metode eksperimen terlalu mahal dalam segi biaya maka metode numerik dan analitik sudah cukup mewakili.

Dari kutipan jurnal di atas dapat diketahui apabila menganalisis kekuatan struktur kapal menggunakan model finite element (metode numerik) saja tidak cukup, model finite element tersebut harus divalidasi agar tahu bahwa model sudah bisa mewakili benda sebenarnya. Dalam tugas akhir ini digunakan metode analitik atau hitungan manual untuk memvalidasi model.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil tegangan geser dari model finite element (numerik) dengan hasil hitungan manual (analitik). Apabila hasil tegangan geser antara ke dua metode tersebut tidak berbeda jauh maka model sudah dianggap valid.

III.8. Pembebanan Sesuai Kondisi Pemuatan CSR

Setelah model sudah dianggap benar dan tervalidasi maka bisa dilanjutkan ke tahap pembebanan. Beban yang bekerja adalah beban muatan dan beban tekanan air laut sesuai Bab II, II.2.20. Pola pemuatan, momen yang bekerja, dan kondisi gelombang dapat dilihat pada Lampiran D. Tabel hasil semua beban yang bekerja dapat dilihat pada Lampiran E.

Selain memberikan kondisi batas di kedua *independent point* di kedua ujung model, sesuai dengan regulasi pada *CSR for Bulk Carrier 2014 Chapter 7, section 2, 2.5.6*, maka pada bagian tersebut juga diinputkan harga momen bending vertikal.

Persamaannya adalah:

$$M_{SW-H} = 175CL^2B(C_B+0.7)10^{-3} - M_{WV-H} \quad (2.64)$$

$$M_{SW-S} = 175CL^2B(C_B+0.7)10^{-3} - M_{WV-S} \quad (2.65)$$

$$M_{WV-H} = 190 F_M fpCL^2BC_B10^{-3} \quad (2.66)$$

$$M_{WV-S} = 110F_MfpCL^2B(C_B+0.7)10^{-3} \quad (2.67)$$

Dimana:

M_{SW-S}, M_{WS-H} : permissible momen bending vertikal kondisi air tenang saat *sagging* dan *hogging* dalam kN.m

M_{WV-S}, M_{WV-H} : momen bending vertikal kondisi gelombang saat *sagging* dan *hogging* dalam kN.m

Perhitungan momen bending vertikal dapat dilihat pada Lampiran F.

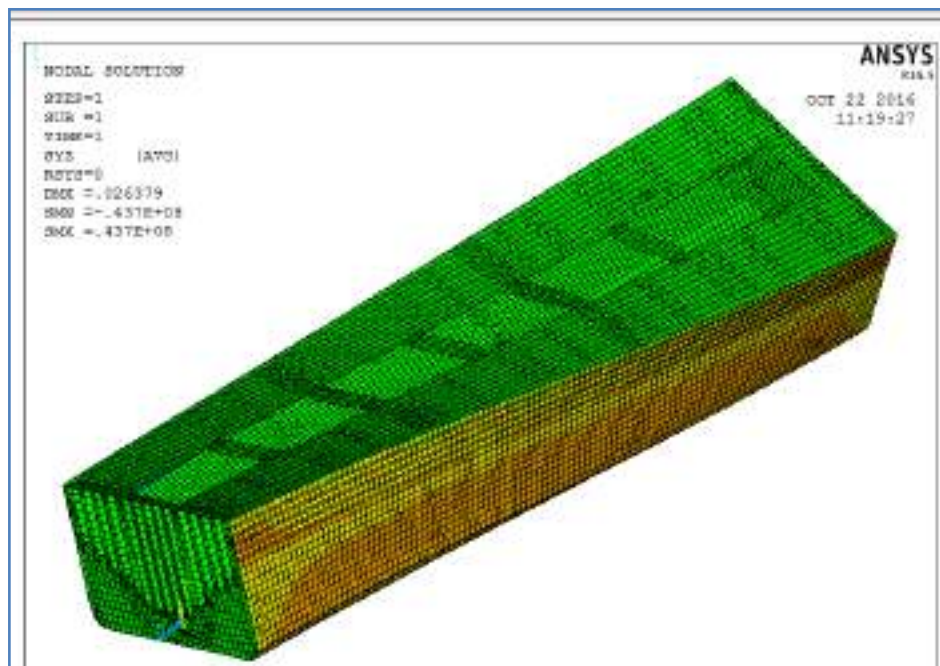
III.9. Analisis Tegangan Geser

Setelah beban diinputkan dan kemudian dilakukan running pada semua kondisi pemuatan maka hasil tegangan yang terjadi bisa dilihat, proses running sampai melihat hasil tegangan sesuai dengan III.4.8. Tegangan yang terjadi dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan oleh CSR sesuai dengan Bab II, II.2.21.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV VALIDASI

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil tegangan geser dari analisis numerik (FEM) dengan hasil analisis analitik. Beban yang diaplikasikan pada model adalah beban torsi.

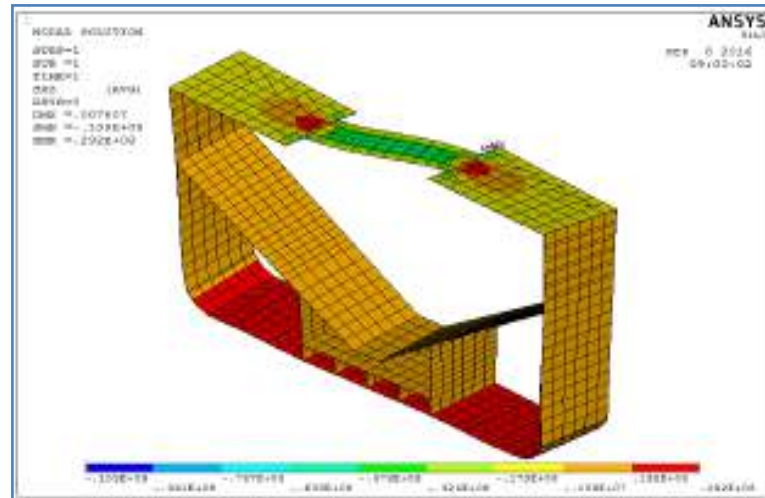


Gambar IV.1 Model setelah running

Gambar IV.1 adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* dengan input beban torsi. Tampak model terpuntir akibat beban torsi yang diaplikasikan di ujung-ujung model. Untuk validasi diambil bagian di mana torsi paling besar bekerja yaitu pada $\frac{x}{l} = 0.35$, pada jarak 50,225 meter dari *after perpendicular*. Perhitungan torsi dapat dilihat pada lampiran B.

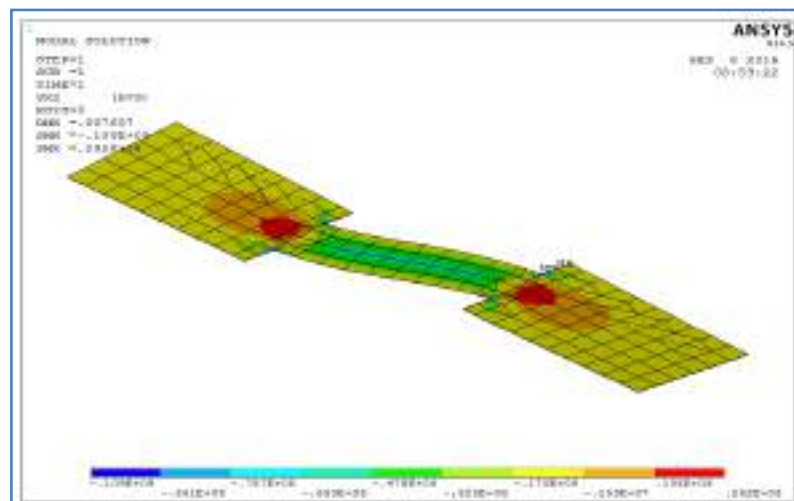
Berikut disajikan plot model *finite element* beserta perbandingan nilai tegangan geser dengan hasil perhitungan analitik. Detail perhitungan tegangan geser dapat dilihat pada Lampiran C. Plot model dilihat pada bagian yang berbeda karena pada setiap bagian nilai tegangan geser berbeda tergantung bidang koordinat bagian tersebut.

1. Tegangan geser pada geladak (τ_{XZ})



Gambar IV.2 Model dengan plot tegangan geser pada bidang XZ

Gambar IV.2 menunjukkan tegangan geser pada bidang XZ, dari gambar tersebut kemudian diambil bagian geladak seperti pada Gambar IV.3.



Gambar IV.3 Model geladak dengan plot tegangan geser bidang XZ

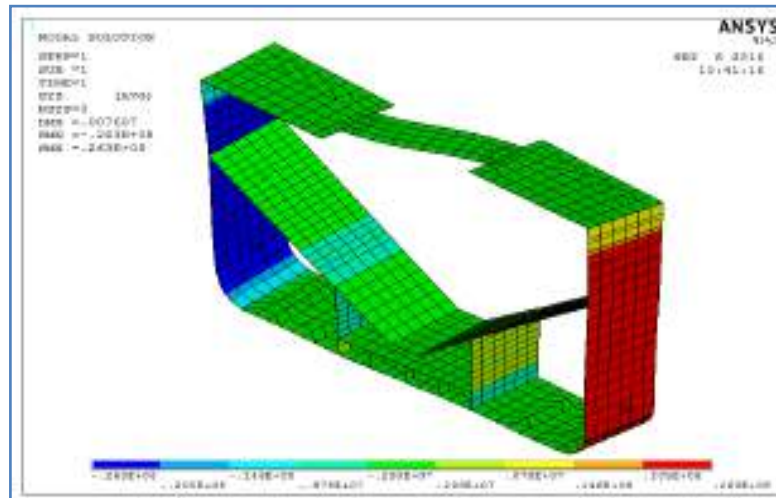
Nilai tegangan geser pada geladak dapat dilihat pada Tabel IV.1 beserta nilai tegangan geser hitungan manual.

Tabel IV.1 Tabel perbandingan nilai tegangan geser

Item	Shear stress analitik (N/mm^2)	Shear stress fem modelling (N/mm^2)	Selisih (N/mm^2)
Pelat dek	31.756	29.2	2.556

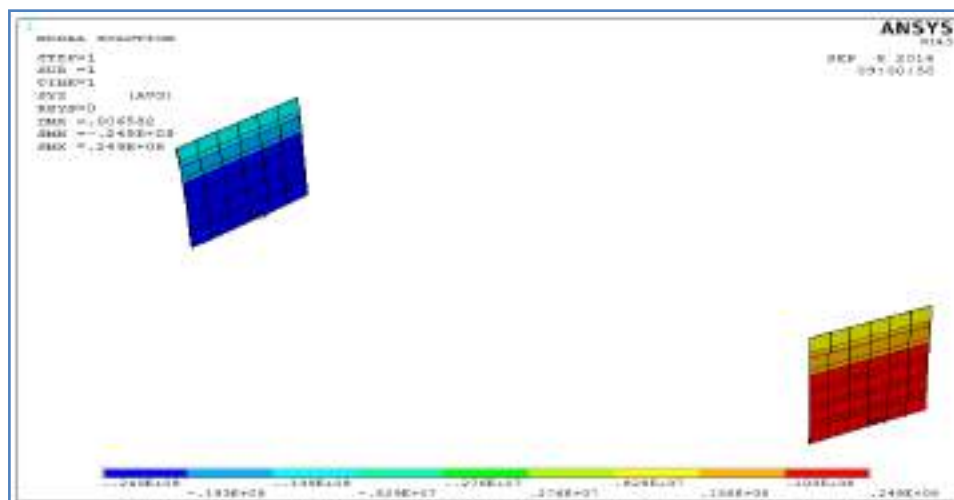
Pada Tabel IV.1 dapat dilihat bahwa selisih antar perhitungan analitik dan pemodelan finite element sekitar $2,5 \text{ N/mm}^2$. Dengan selisih tersebut model sudah dianggap valid.

2. Tegangan geser pada pelat sisi atas (τ_{YZ})



Gambar IV.4 Model dengan plot tegangan geser pada bidang YZ

Gambar IV.4 menunjukkan tegangan geser pada bidang YZ, dari gambar tersebut kemudian diambil bagian pelat sisi atas seperti pada Gambar IV.5.



Gambar IV.5 Model pelat sisi atas dengan plot tegangan geser bidang XZ

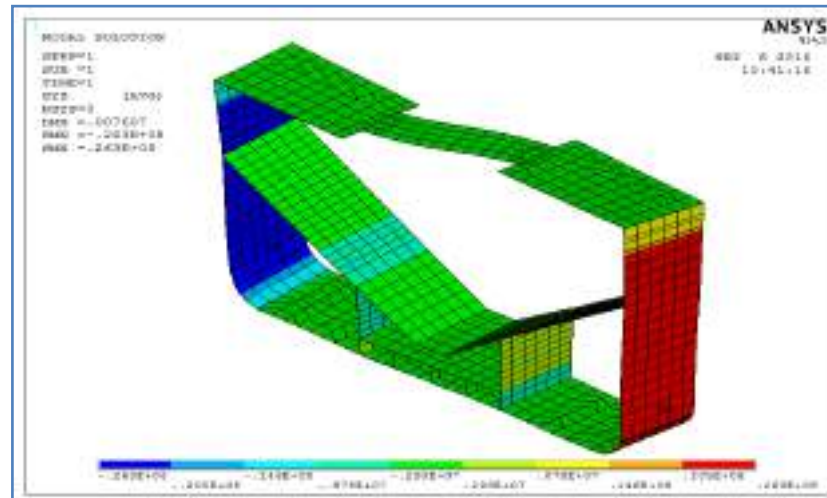
Nilai tegangan geser pada pelat sisi atas dapat dilihat pada Tabel IV.2 ini beserta nilai tegangan geser hitungan manual.

Tabel IV.2 Tabel perbandingan nilai tegangan geser

Item	Shear stress analitik (N/mm ²)	Shear stress fem modelling (N/mm ²)	Selisih (N/mm ²)
Pelat sisi atas	20.112	19.3	0.812

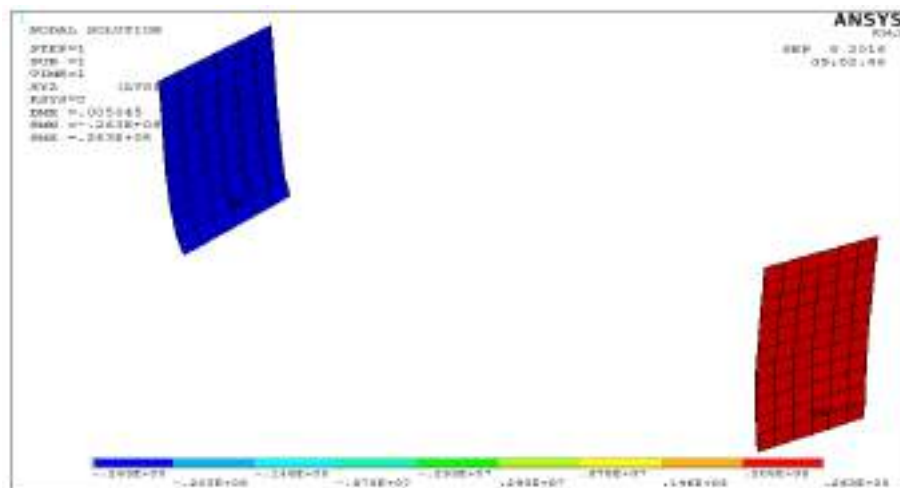
Pada Tabel IV.2 dapat dilihat bahwa selisih antara perhitungan analitik dan pemodelan finite element sekitar 0,8 N/mm². Dengan selisih tersebut model sudah dianggap valid.

3. Tegangan geser pada pelat sisi bawah (τ_{YZ})



Gambar IV.6 Model dengan plot tegangan geser pada bidang YZ

Gambar IV.6 menunjukkan tegangan geser pada bidang YZ, dari gambar tersebut kemudian diambil bagian pelat sisi bawah seperti pada Gambar IV.7.



Gambar IV.7 Model pelat sisi bawah dengan plot tegangan geser bidang YZ

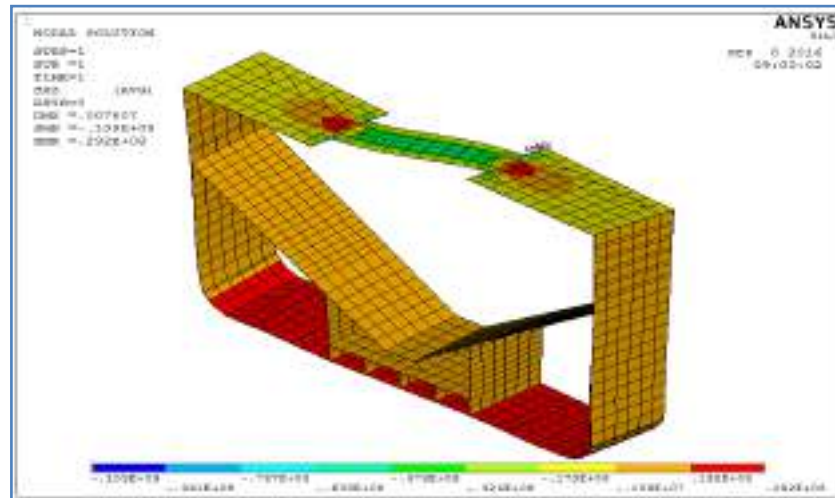
Nilai tegangan geser pada pelat sisi bawah dapat dilihat pada Tabel IV.3 beserta nilai tegangan geser hitungan manual.

Tabel IV.3 Tabel perbandingan nilai tegangan geser

Item	Shear stress analitik (N/mm ²)	Shear stress fem modelling (N/mm ²)	Selisih (N/mm ²)
Pelat sisi	22.306	20.5	1.806

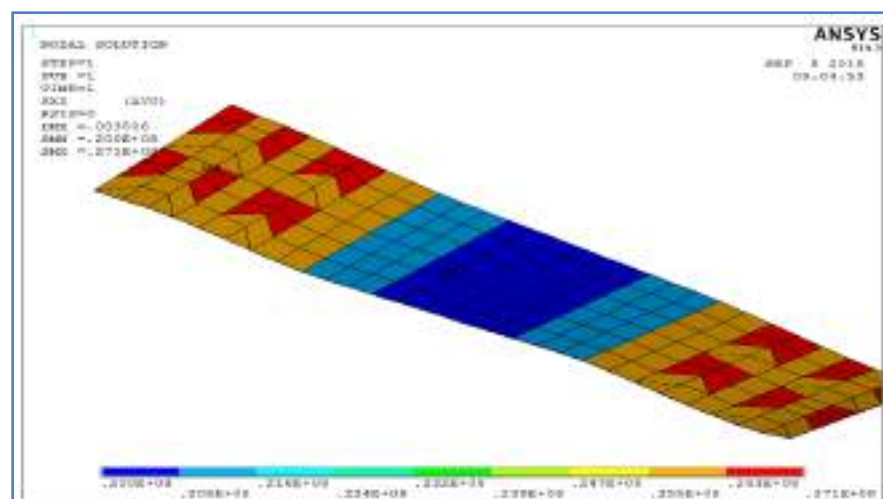
Pada Tabel IV.3 dapat dilihat bahwa selisih antar perhitungan manual dan pemodelan finite element sekitar 1,8 N/mm². Dengan selisih tersebut model sudah dianggap valid.

4. Tegangan geser pada pelat alas (τ_{XZ})



Gambar IV.8 Model dengan plot tegangan geser pada bidang XZ

Gambar IV.8 menunjukkan tegangan geser pada bidang XZ, dari gambar tersebut kemudian diambil bagian geladak seperti pada Gambar IV.9.



Gambar IV.9 Model pelat alas dengan plot tegangan geser bidang XZ

Nilai tegangan geser pada pelat alas dapat dilihat pada Tabel IV.4 beserta nilai tegangan geser hitungan manual.

Tabel IV.4 Tabel perbandingan nilai tegangan geser

Item	Shear stress analitik (N/mm^2)	Shear stress fem modelling (N/mm^2)	Selisih (N/mm^2)
Pelat alas	22.306	27.1	4.794

Pada Tabel IV.4 dapat dilihat bahwa selisih antar perhitungan manual dan pemodelan finite element sekitar $4,8 \text{ N/mm}^2$. Dengan selisih tersebut model sudah dianggap valid.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

V.1. Tegangan Geser yang Diijinkan

Nilai tegangan geser tergantung pada material yang digunakan. Dalam Bab II, Tabel II.16 dan Tabel II.17 dapat dilihat kelas dan *grade* material yang digunakan pada masing-masing bagian kapal.

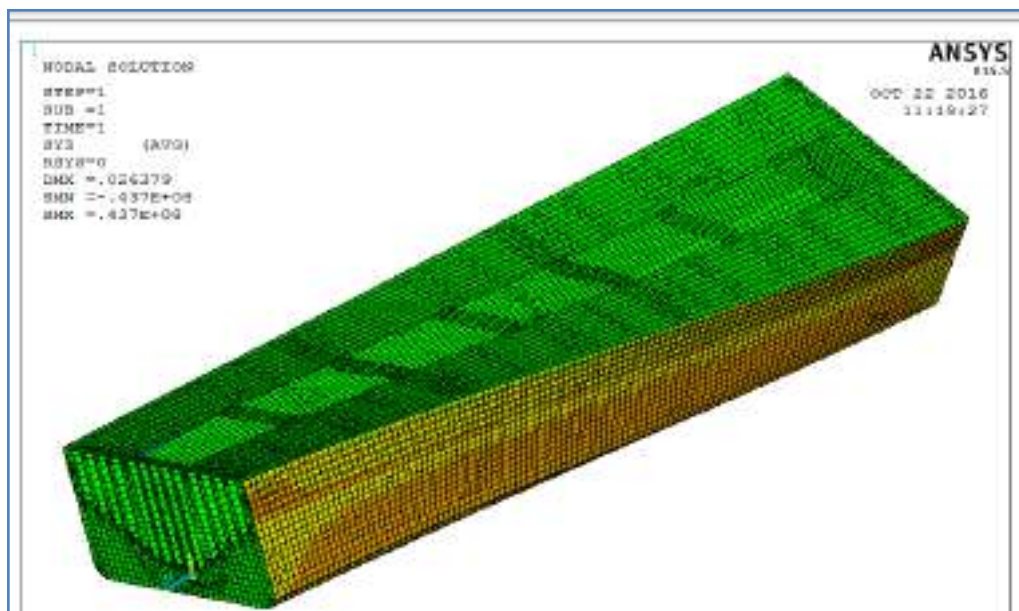
Dalam tugas akhir ini material yang digunakan adalah kelas I, *grade* AH. Sehingga nilai k material adalah 0,78. Tegangan geser maksimum yang diijinkan sesuai dengan rumus pada Bab II, II.2.22 adalah:

$$\tau_{ijin} = \frac{120}{0,78} = 153,846 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$

V.2. Analisis Tegangan Geser Akibat Momen Torsi

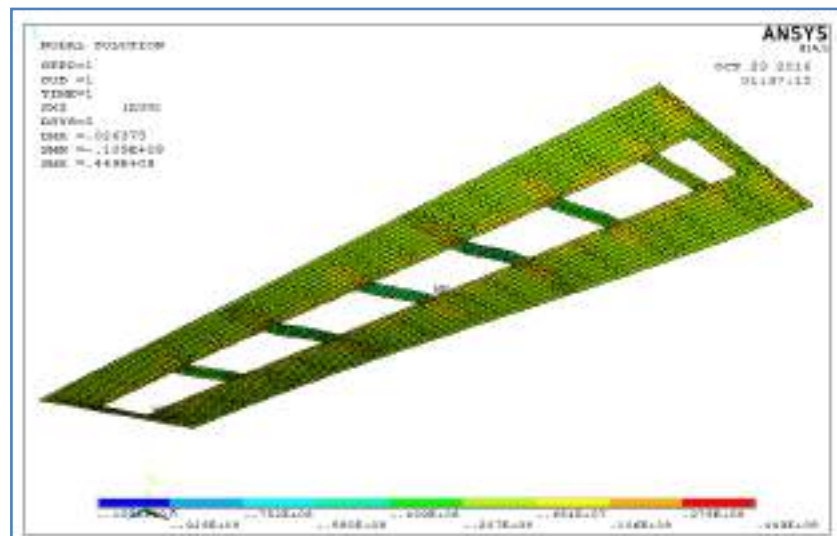
Pada analisis ini beban yang diaplikasikan adalah beban torsi. Visualisasi model setelah dilakukan running dapat dilihat pada Gambar V.1.



Gambar V.1 Visualisasi model setelah running akibat beban torsi

Berikut disajikan plot dan nilai tegangan geser masing-masing bagian:

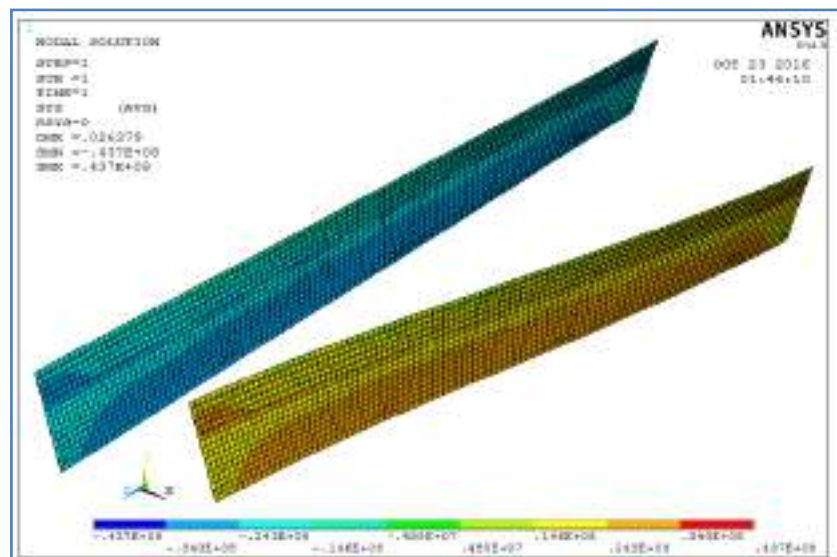
1. Pelat geladak



Gambar V.2 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 44,9 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

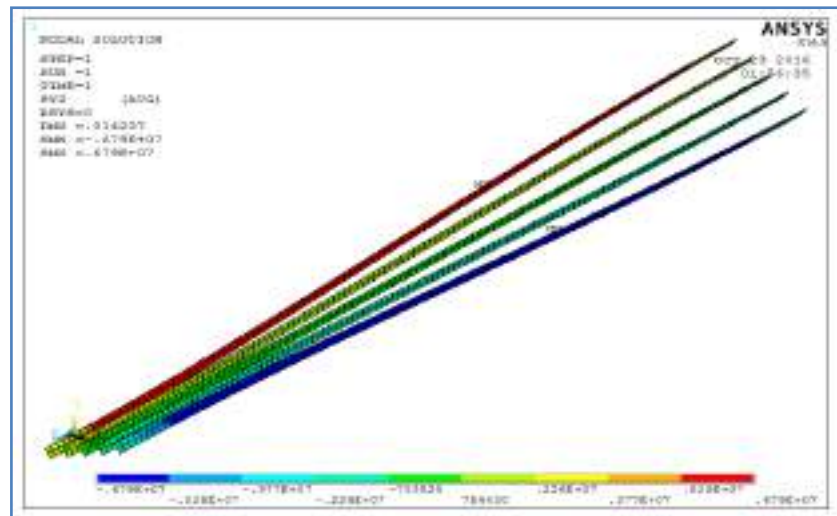
2. Pelat sisi



Gambar V.3 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 43,7 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

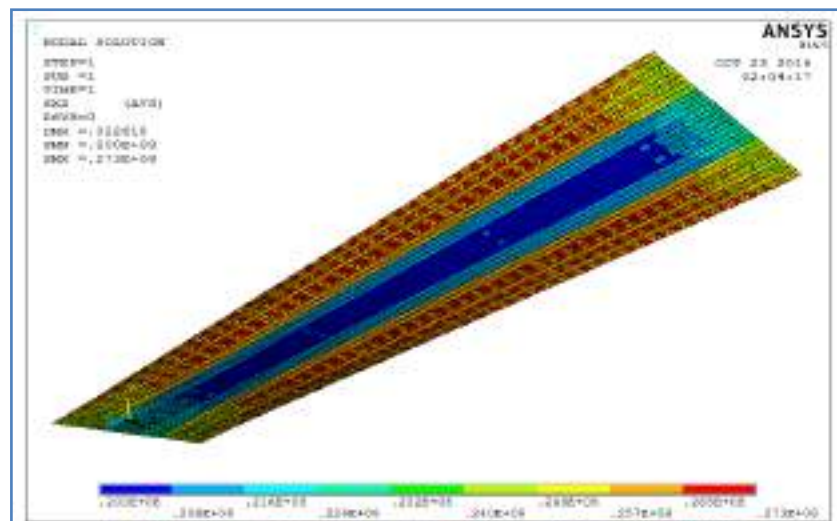
3. Center girder dan side girder



Gambar V.4 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $6,79 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

4. Pelat alas



Gambar V.5 Plot model alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $27,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

Tabel V.1 Resume tegangan geser akibat beban torsi

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	44.9	Memenuhi
2	Pelat sisi		43.7	Memenuhi
4	Center dan side girder		6.79	Memenuhi
5	Pelat alas		27.3	Memenuhi

Tabel V.I adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.I dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3. Analisis Tegangan Geser Akibat Variasi Pemuatan CSR

V.3.1. Full Load (LC1 P1)

Pada kondisi ini tiga ruang muat yang dimodelkan diisi muatan sesuai dengan muatan desain.



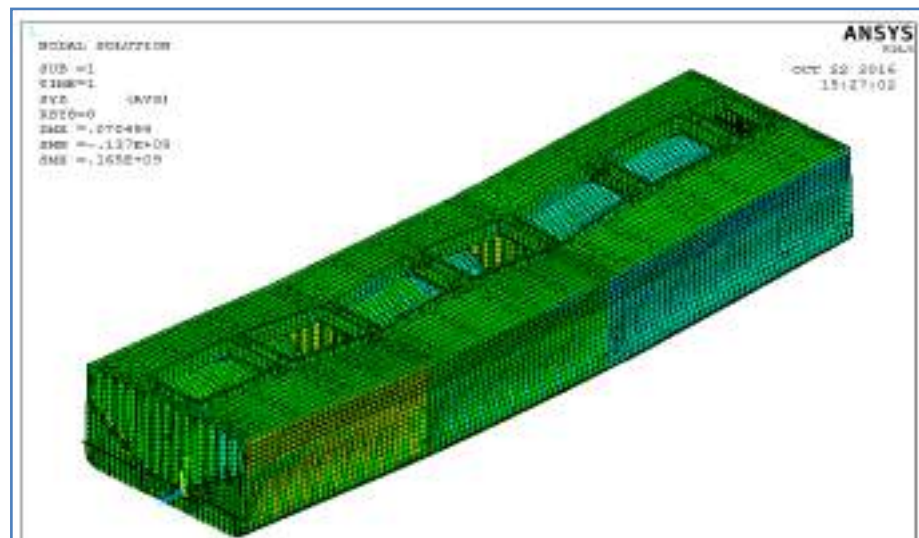
Gambar V.6 Pola pemuatan pada LC 1

Gambar V.6 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana tiga ruang muat diisi dengan muatan desain. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

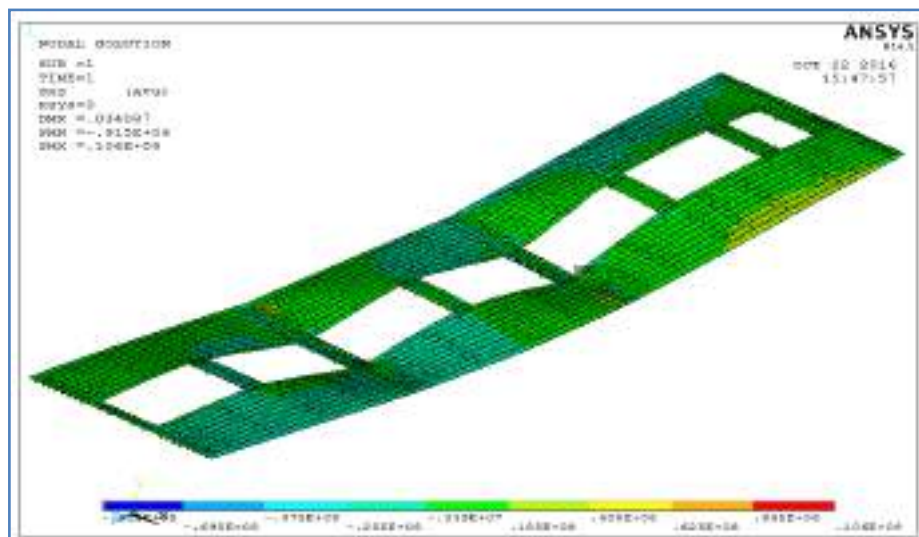
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan full load LC 1.



Gambar V.7 Plot full model

Gambar V.7 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

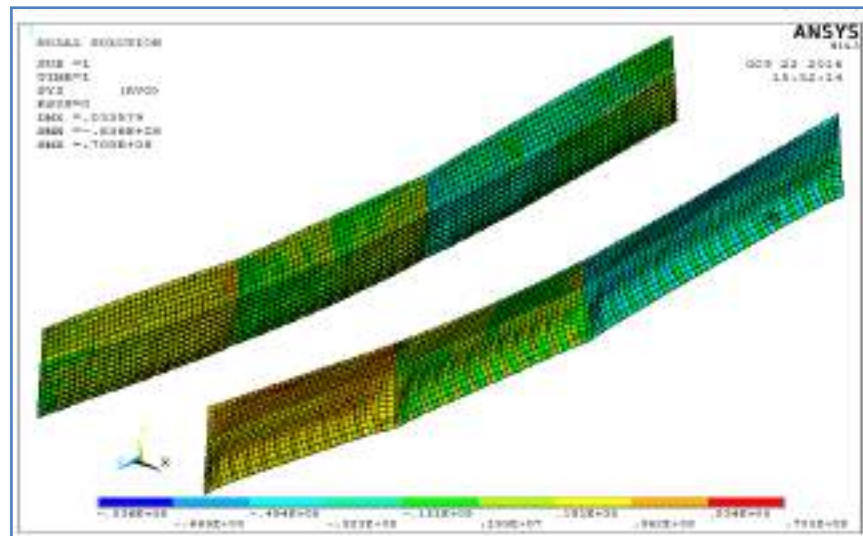
1. Pelat geladak



Gambar V.8 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 106 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

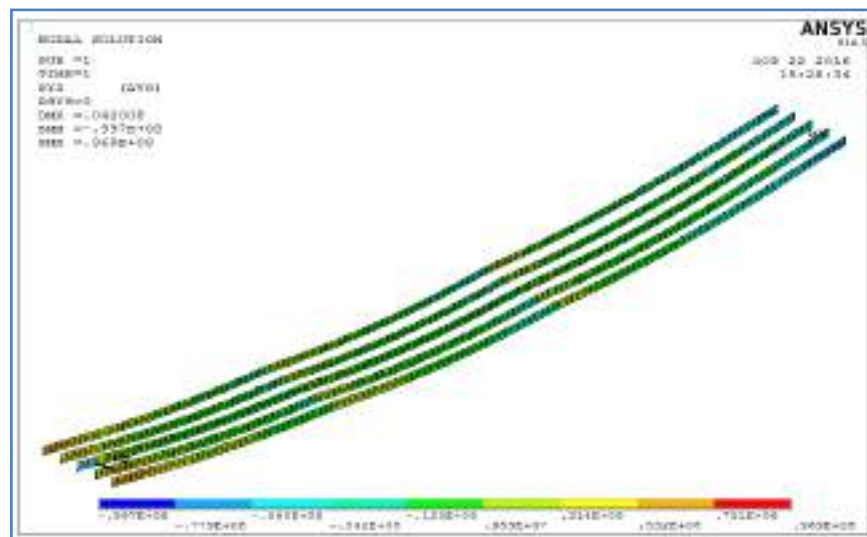
2. Pelat sisi



Gambar V.9 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $70,5 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

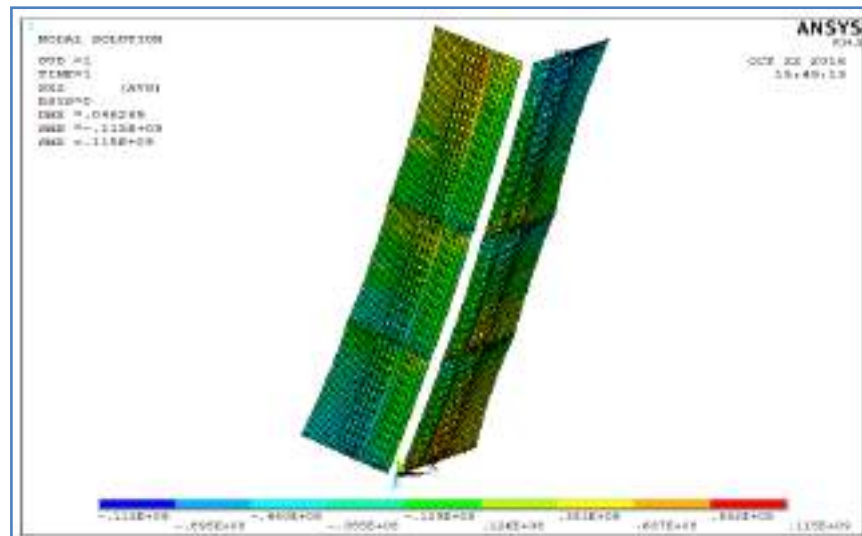
3. Center girder dan side girder



Gambar V.10 Plot *center girder* dan *side girder*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah $96,9 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* memenuhi kriteria dari CSR.

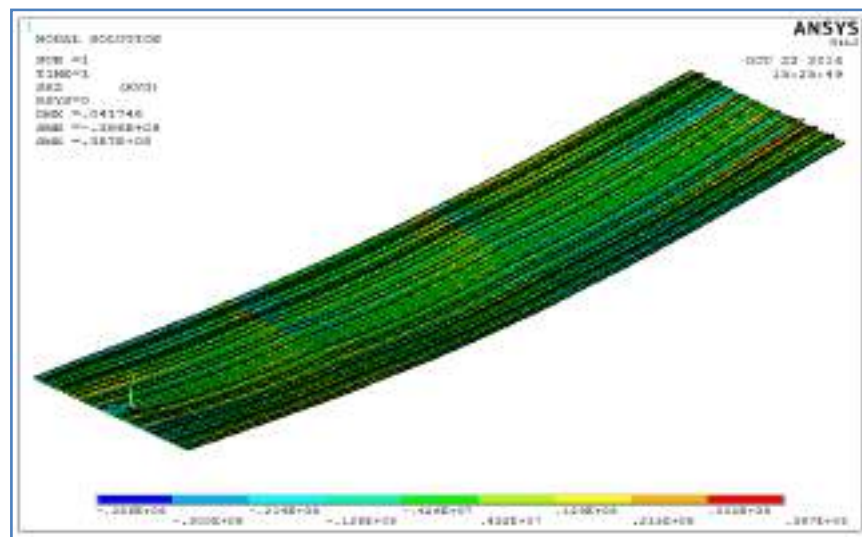
4. Pelat *hopper*



Gambar V.11 Plot pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 115 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.12 Plot pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $38,7 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

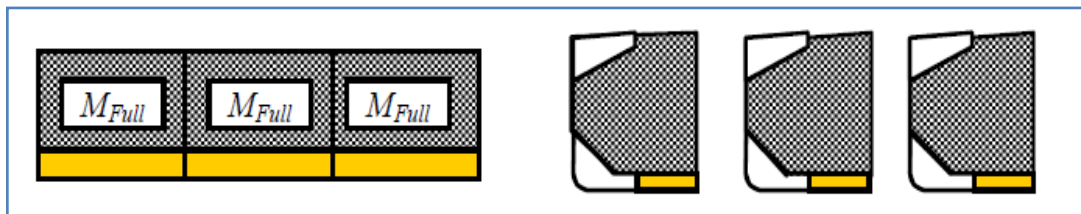
Tabel V.2 Resume hasil tegangan geser LC 1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm^2)	Tegangan fem (N/mm^2)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	109	Memenuhi
2	Pelat sisi		70.5	Memenuhi
3	Pelat hopper		96.9	Memenuhi
4	Center dan side girder		115	Memenuhi
5	Pelat alas		38.7	Memenuhi

Tabel V.2 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.2 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi LC 1 P1 memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.2. Full Load (LC 2 P1)

Pada kondisi ini tiga ruang muat yang dimodelkan diisi muatan sesuai dengan muatan desain.



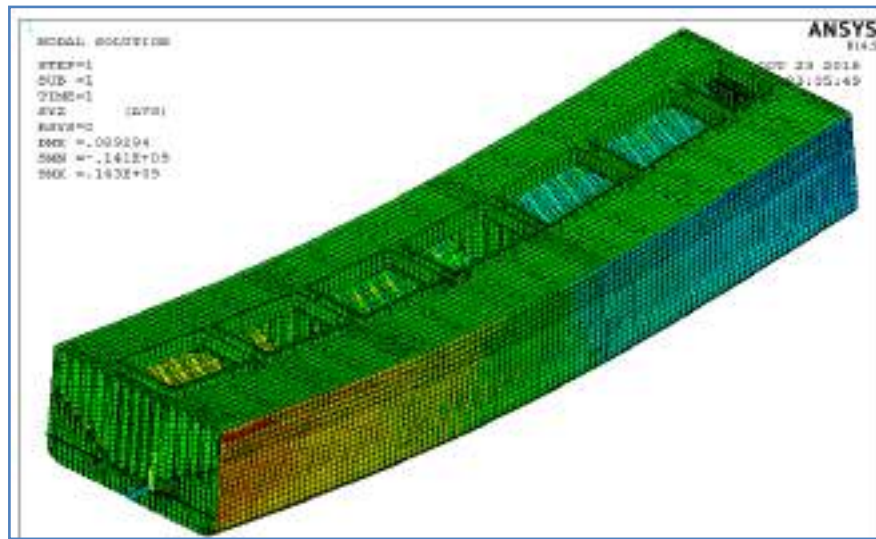
Gambar V.13 Pola pemuatan LC 2

Gambar V.13 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana tiga ruang muat diisi dengan muatan desain. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak bulk carrier 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

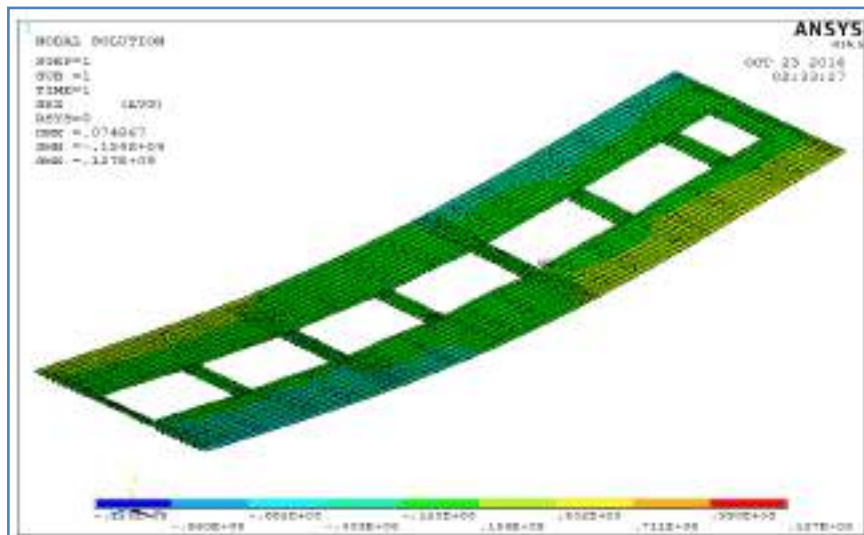
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan full load LC 2.



Gambar V.14 Plot full model

Gambar V.14 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

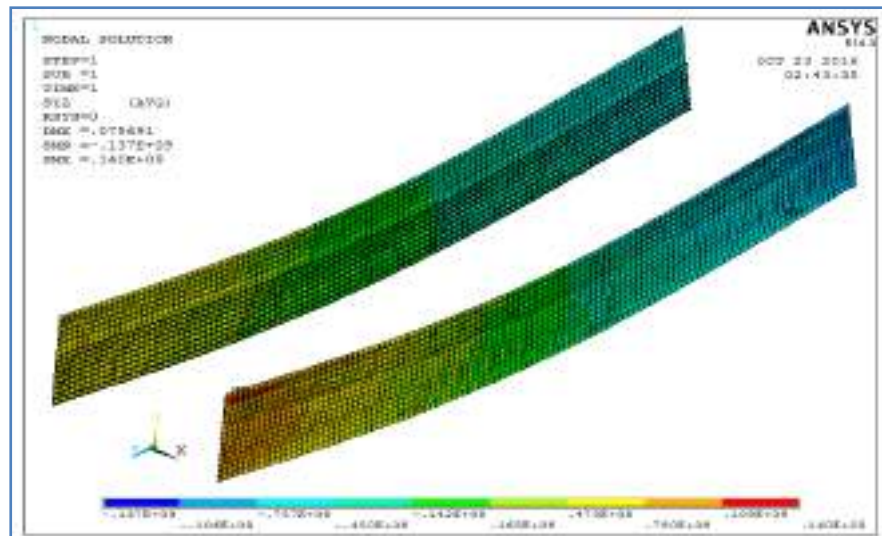
1. Pelat geladak



Gambar V.15 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 127 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

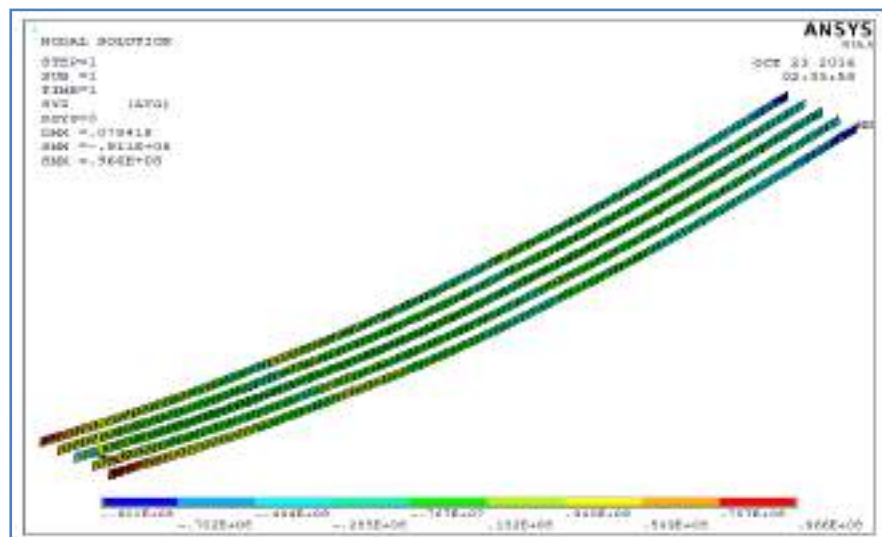
2. Pelat sisi



Gambar V.16 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 140 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

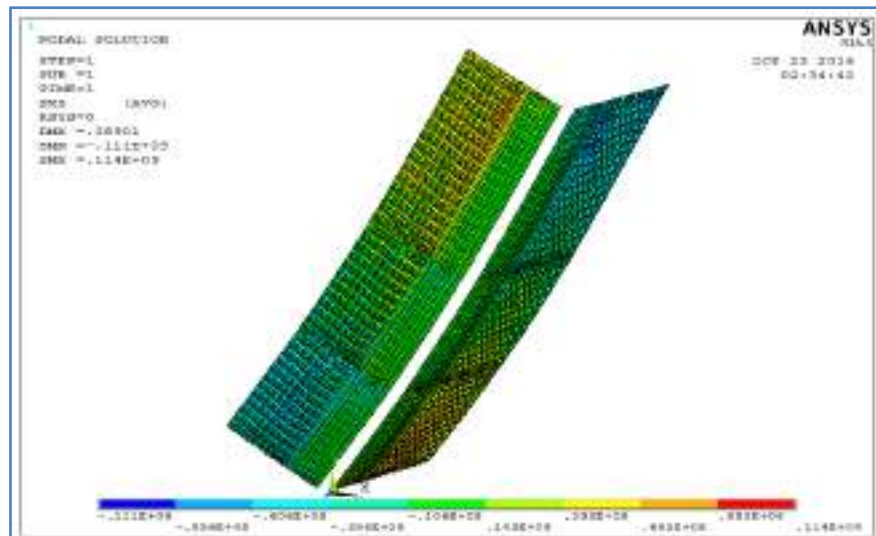
3. *Center girder dan side girder*



Gambar V.17 Plot model *girder*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah $96,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* memenuhi kriteria dari CSR.

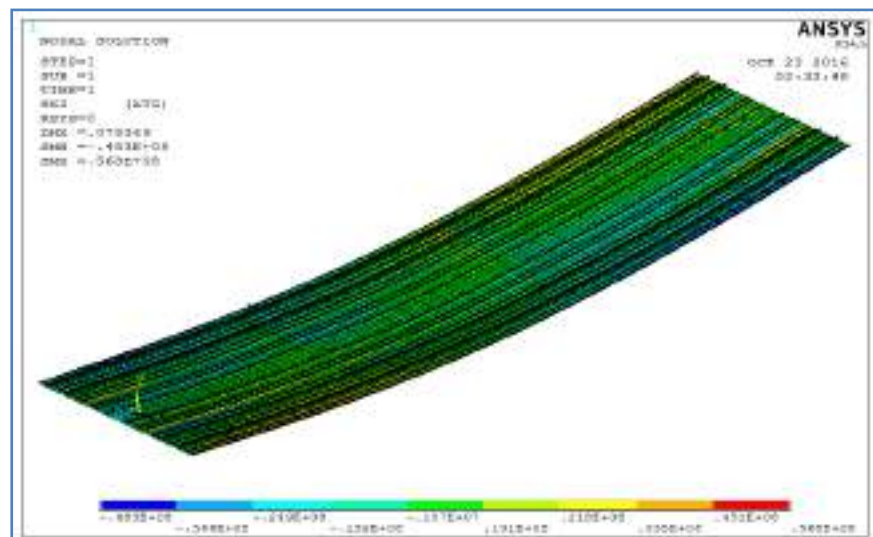
4. Pelat *hopper*



Gambar V.18 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 114 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.19 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $56,8 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

Tabel V.3 Resume hasil tegangan geser LC2

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	127	Memenuhi
2	Pelat sisi		140	Memenuhi
3	Pelat hopper		114	Memenuhi
4	Center dan side girder		96.6	Memenuhi
5	Pelat alas		56.6	Memenuhi

Tabel V.3 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.3 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.3. Slack Load (LC 3 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 diisi separuh muatan penuh sedangkan ruang muat 3 dan 2 diisi muatan penuh.



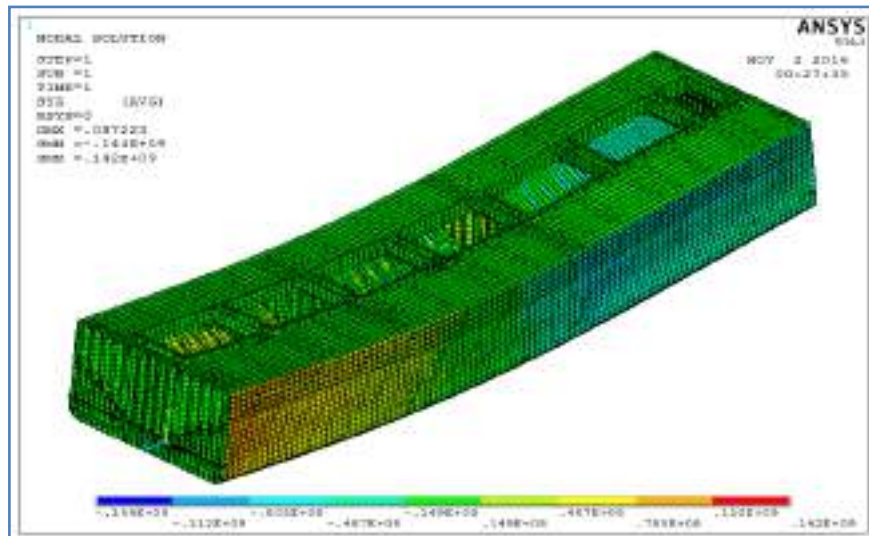
Gambar V.20 Pola pemuatan LC 3

Gambar V.20 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana satu ruang muat diisi separuh dan dua ruang muat diisi penuh. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

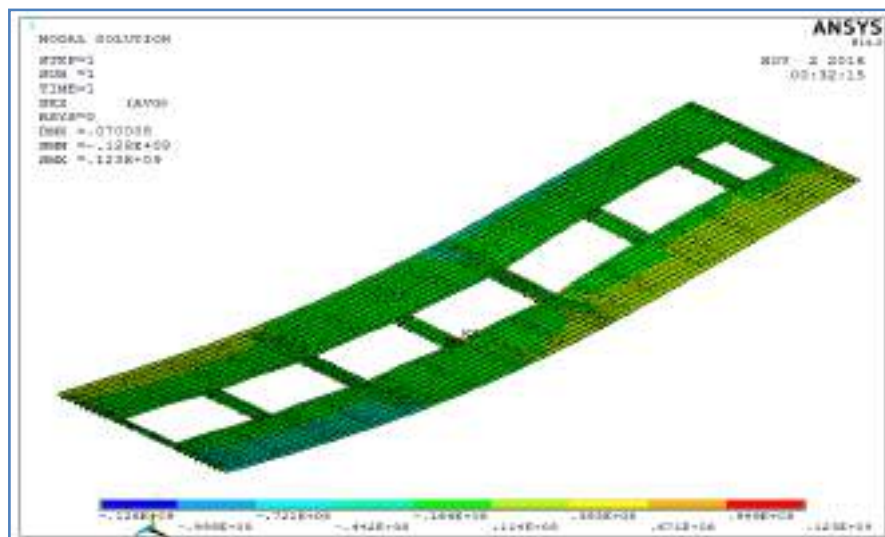
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan slack load LC 3.



Gambar V.21 Plot full model

Gambar V.21 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

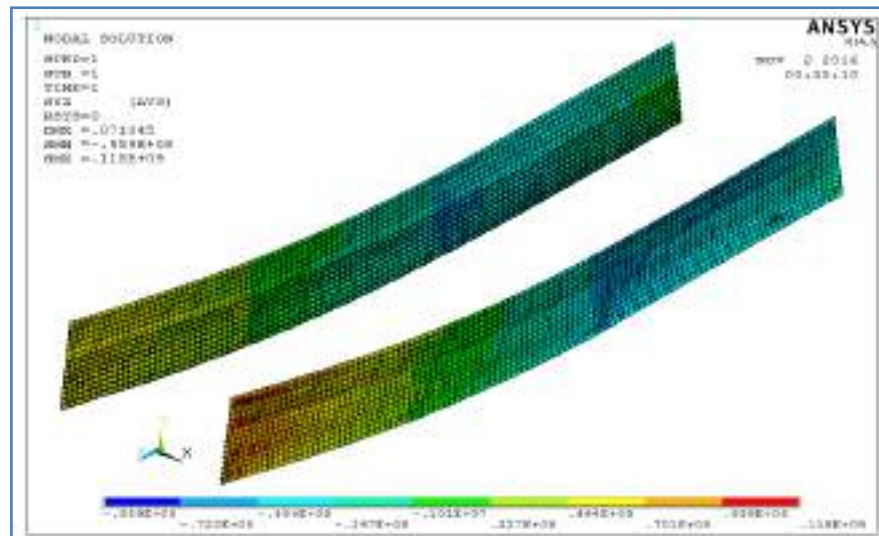
1. Pelat geladak



Gambar V.22 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 123 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

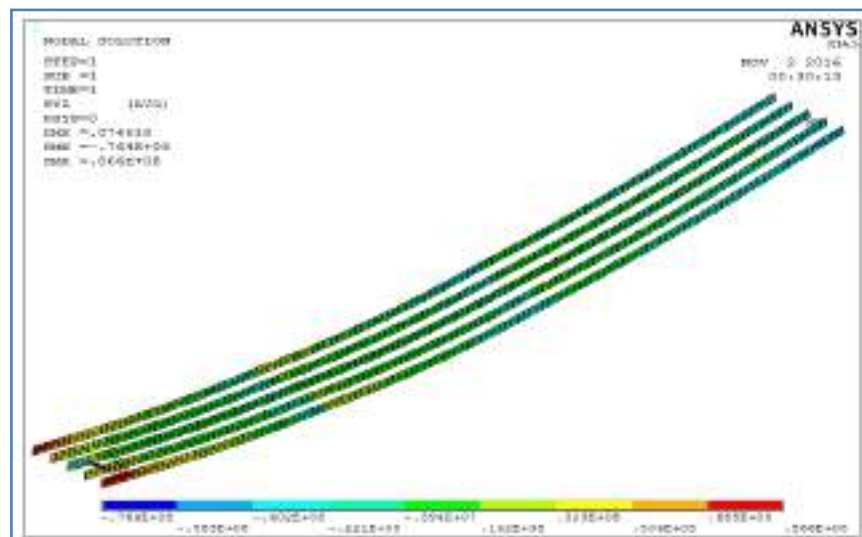
2. Pelat sisi



Gambar V.23 Plot model pelat sisi

Tegangan yang terjadi pada pelat sisi adalah 118 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

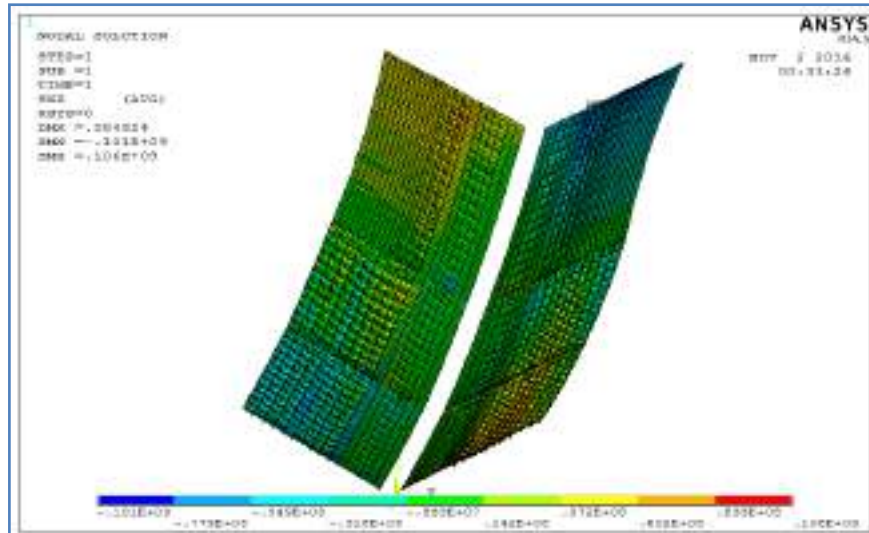
3. Center girder dan side girder



Gambar V.24 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $86,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

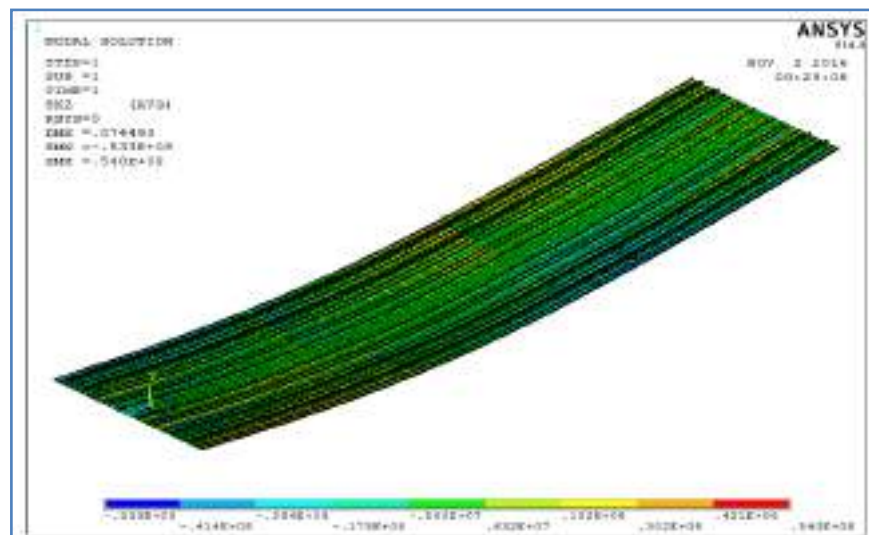
4. Pelat hopper



Gambar V.25 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 106 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.26 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $42,1 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

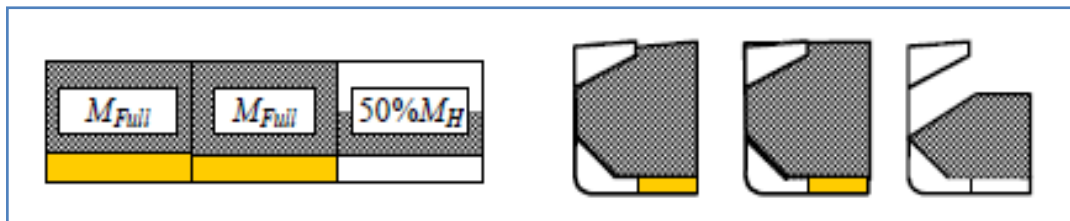
Tabel V.4 Resume hasil tegangan geser LC 3

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	123	Memenuhi
2	Pelat sisi		118	Memenuhi
3	Pelat hopper		106	Memenuhi
4	Center dan side girder		86.6	Memenuhi
5	Pelat alas		42.1	Memenuhi

Tabel V.4 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.4 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.4. Slack Load (LC 4 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi penuh sedangkan ruang muat 2 diisi separuh muatan penuh.



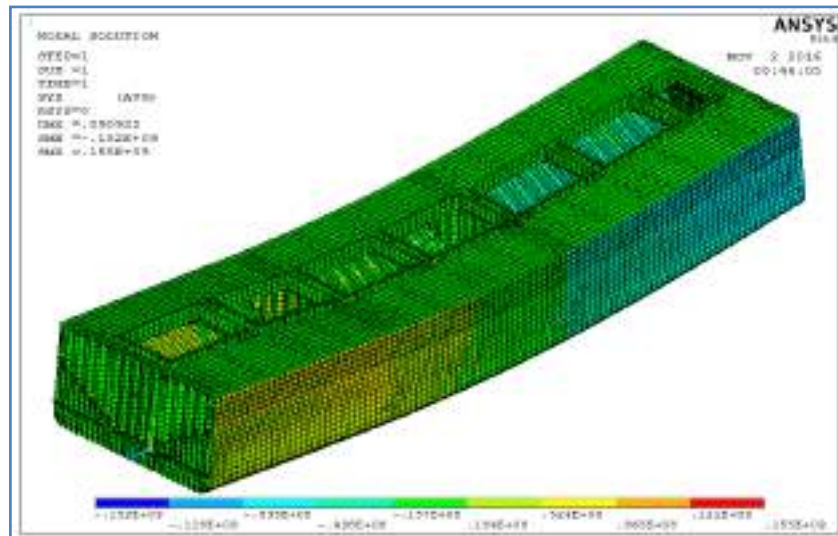
Gambar V.27 Pola pemuatan LC 4

Gambar V.27 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

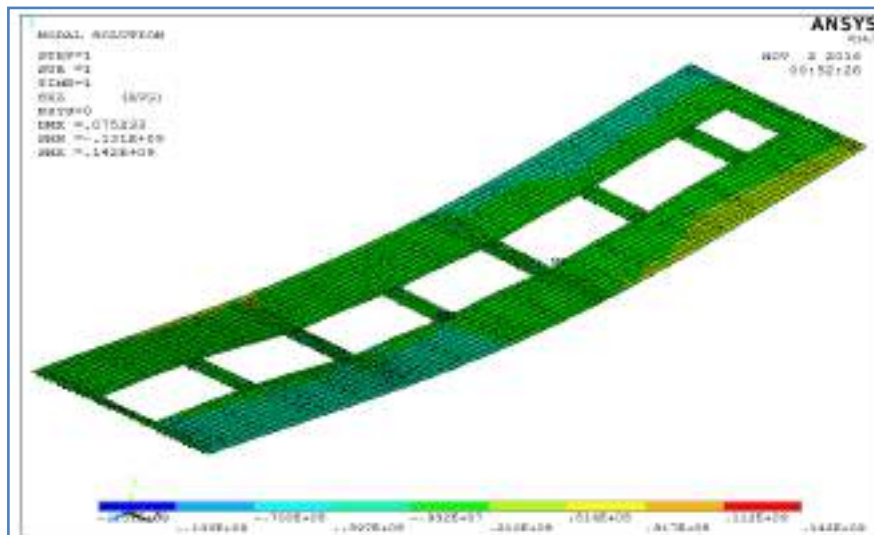
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan slak load LC 4.



Gambar V.28 Plot full model

Gambar V.28 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

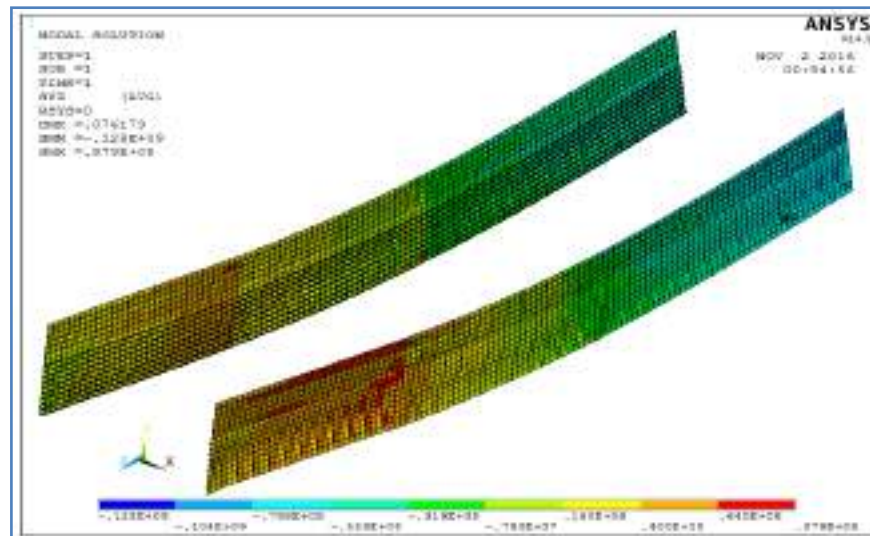
1. Pelat geladak



Gambar V.29 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 142 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

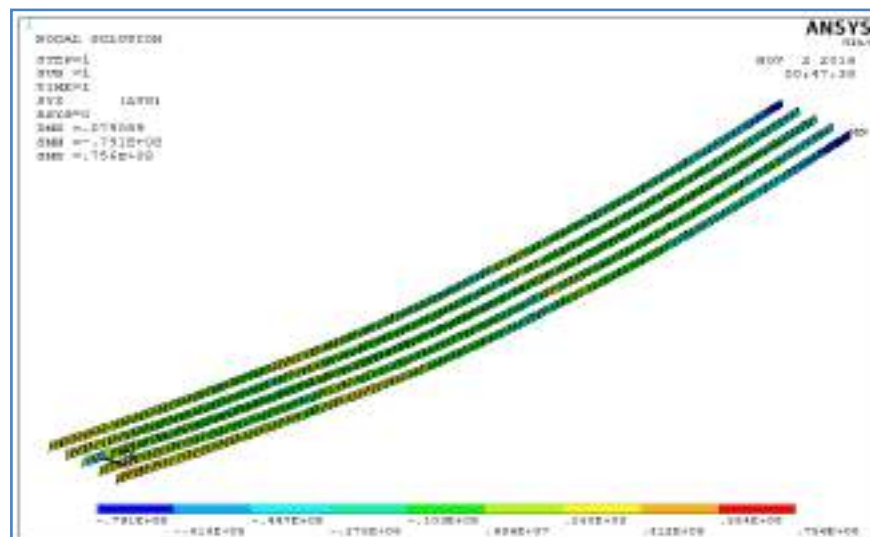
2. Pelat sisi



Gambar V.30 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 125 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

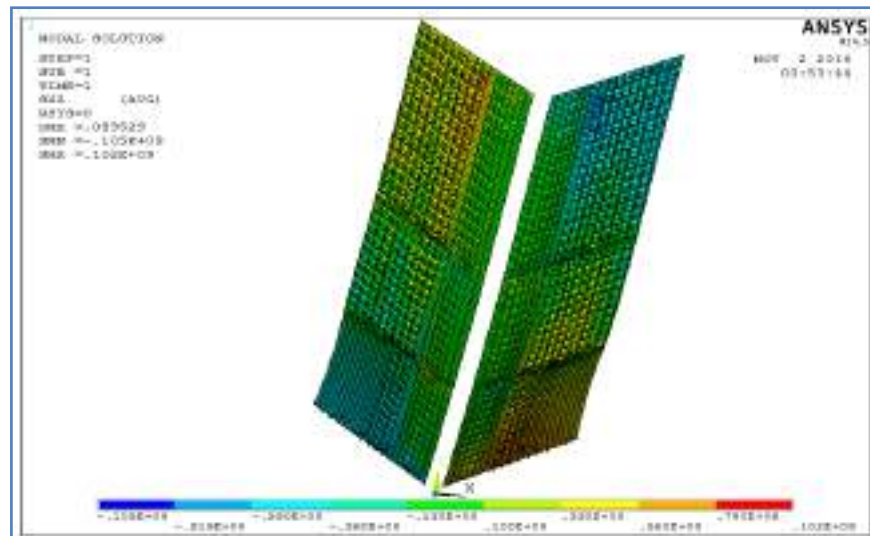
3. Center girder dan side girder



Gambar V.31 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $79,1 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

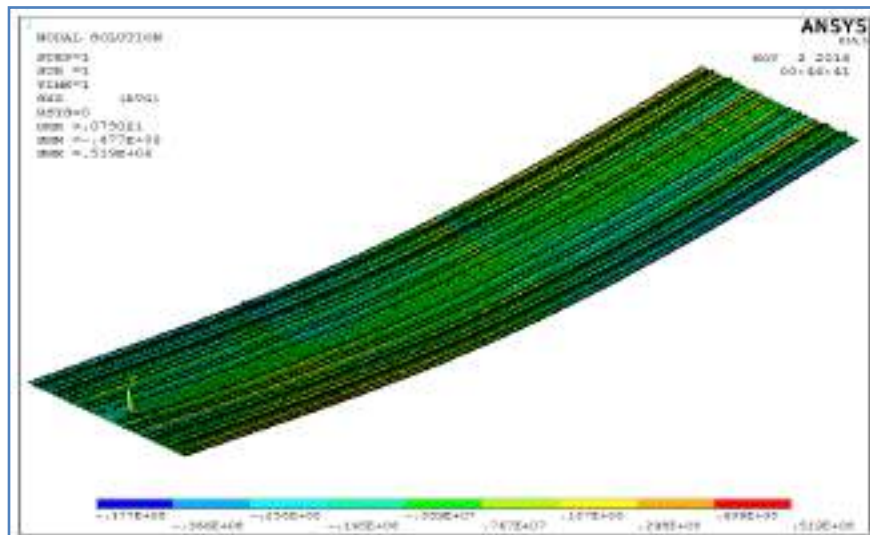
4. Pelat *hopper*



Gambar V.32 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 105 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.33 Plot pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $51,9 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

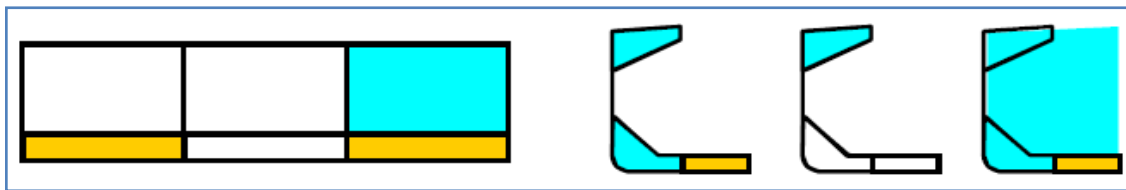
Tabel V.5 Resume hasil tegangan geser LC 4

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	142	Memenuhi
2	Pelat sisi		125	Memenuhi
3	Pelat hopper		105	Memenuhi
4	Center dan side girder		79,1	Memenuhi
5	Pelat alas		51.9	Memenuhi

Tabel V.5 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.5 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.5. Deepest Ballast (LC 5 R1)

Pada kondisi ini salah satu ruang muat diisi air ballast sedangkan yang lain dikosongkan



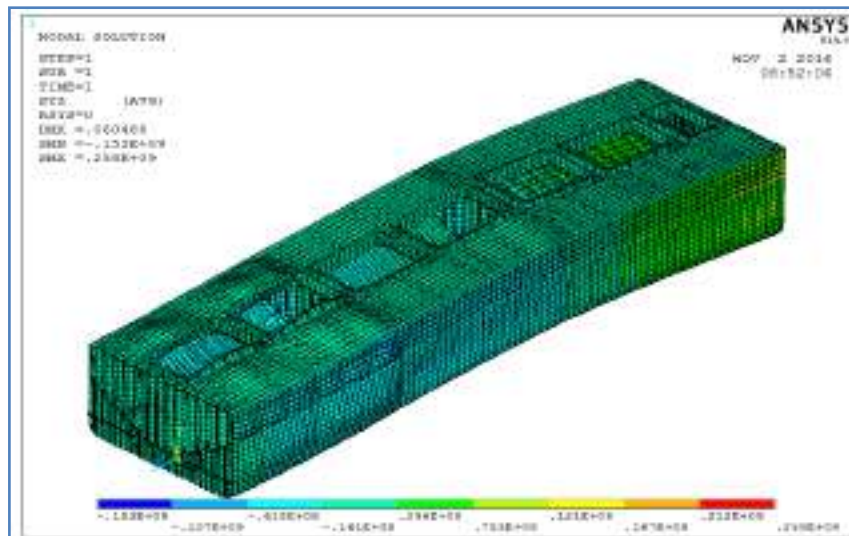
Gambar V.34 Pola Pemuatan LC 5

Gambar V.34 menunjukkan ilustrasi satu ruang muat dan tangki hopper diisi air ballast.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas menerima beban tekanan dari air laut.

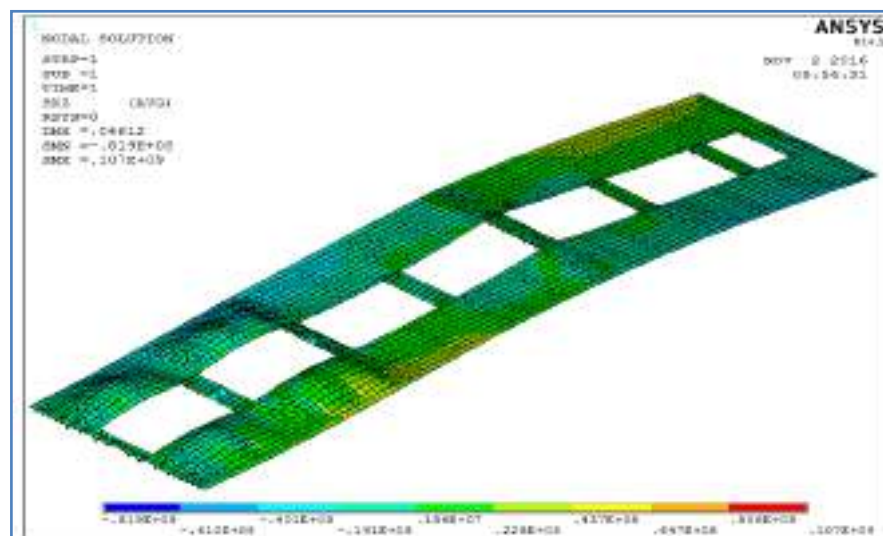
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi *ballast* LC 5



Gambar V.35 Plot full model

Gambar V.35 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

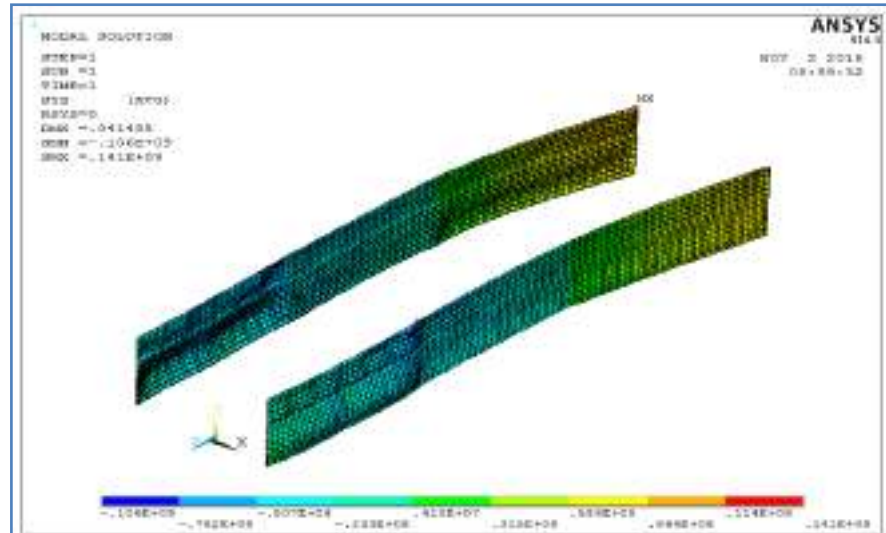
1. Pelat geladak



Gambar V.36 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 107 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

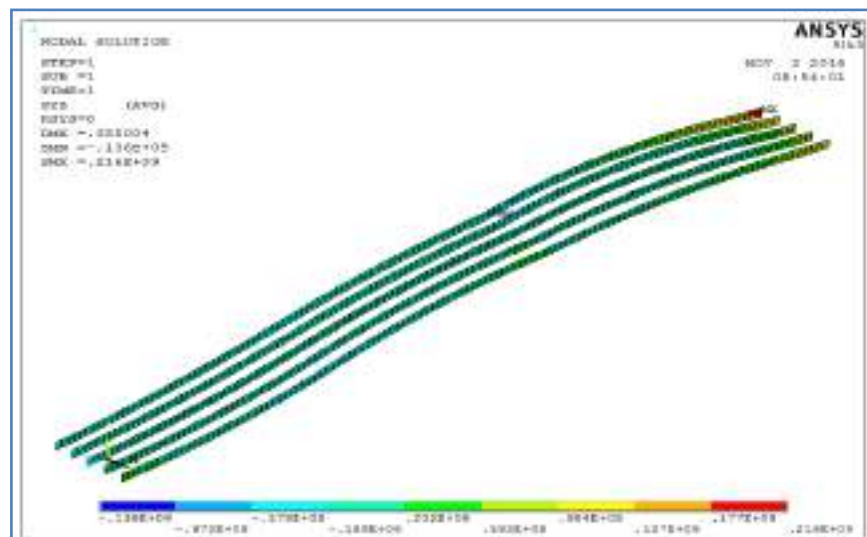
2. Pelat sisi



Gambar V.37 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 141 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

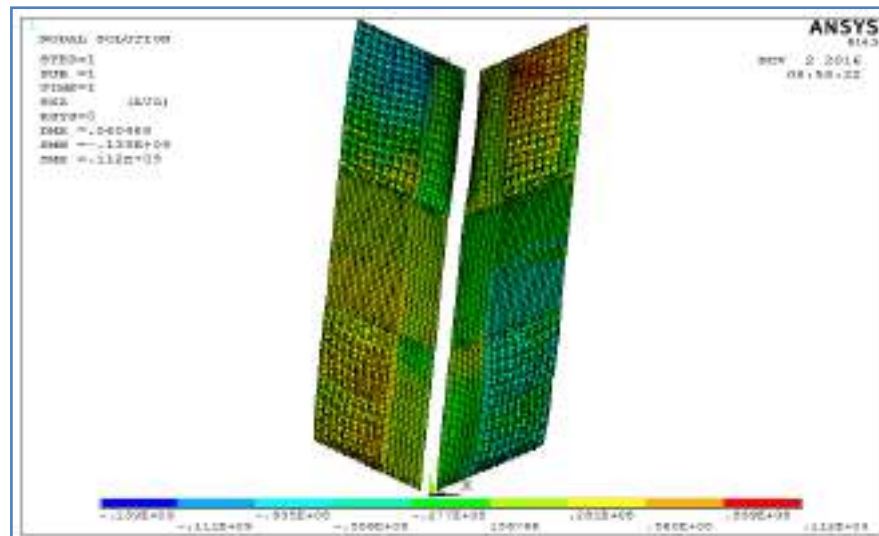
3. Center girder dan side girder



Gambar V.38 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah 216 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* tidak memenuhi kriteria dari CSR.

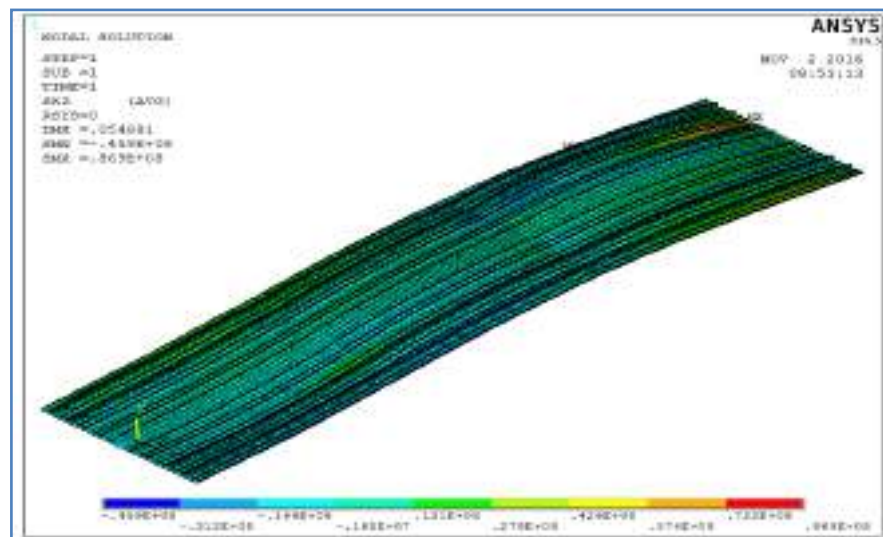
4. Pelat *hopper*



Gambar V.39 Pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 133 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.40 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $86,9 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

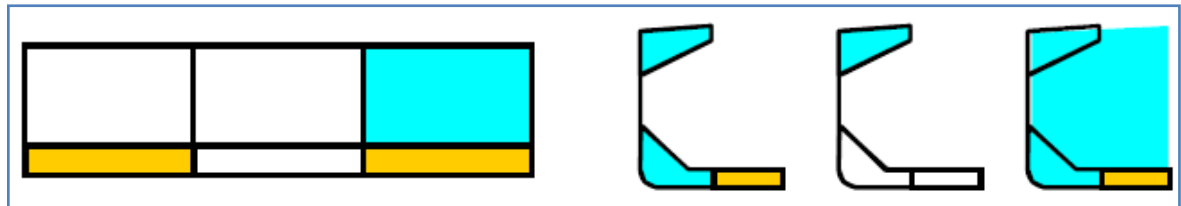
Tabel V.6 Resume tegangan geser LC 5

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	107	Memenuhi
2	Pelat sisi		141	Memenuhi
3	Pelat hopper		133	Memenuhi
4	Center dan side girder		216	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		86,9	Memenuhi

Tabel V.6 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.6 dapat diketahui bahwa pada girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat geladak, pelat sisi, pelat hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.6. Deepest Ballast (LC 5 R1)

Pada kondisi ini salah satu ruang muat diisi air ballast sedangkan yang lain dikosongkan



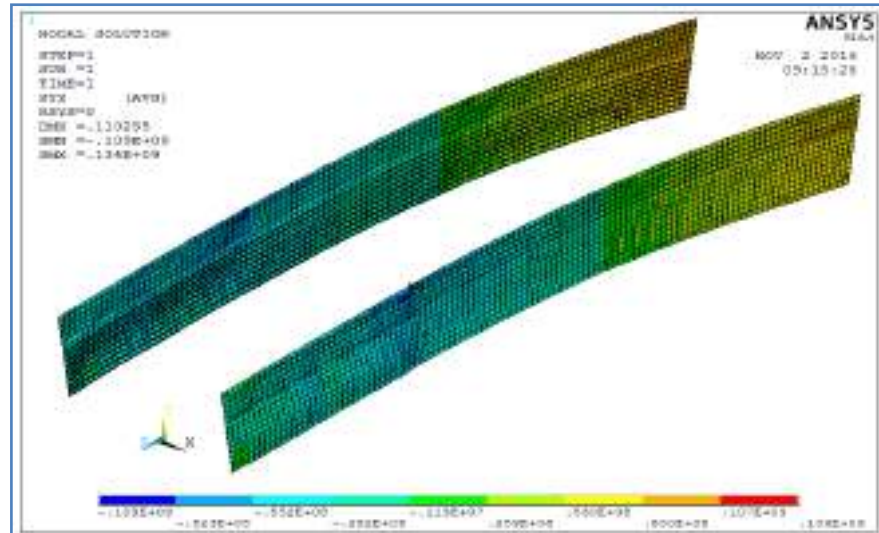
Gambar V.41 Pola Pemuatan LC 5

Gambar V.41 menunjukkan ilustrasi satu ruang muat dan tangki hopper diisi air ballast.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan.
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

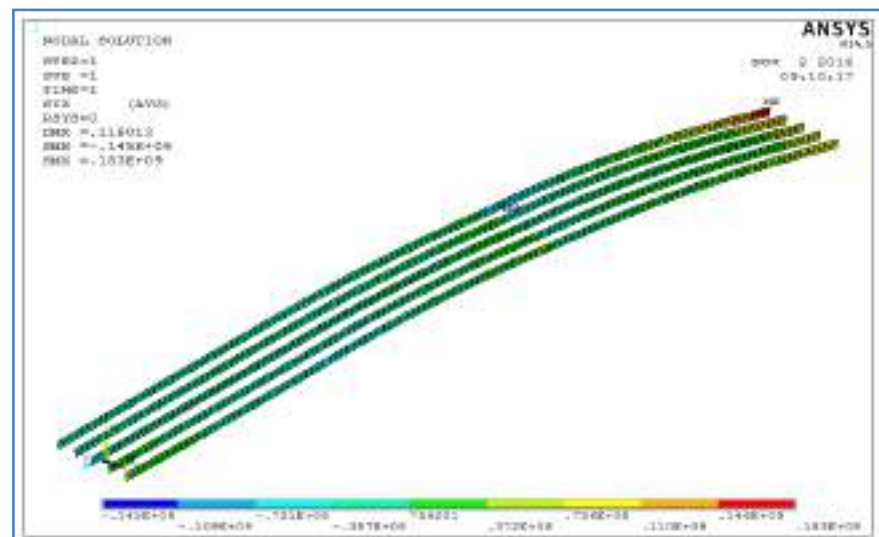
2. Pelat sisi



Gambar V.44 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 134 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

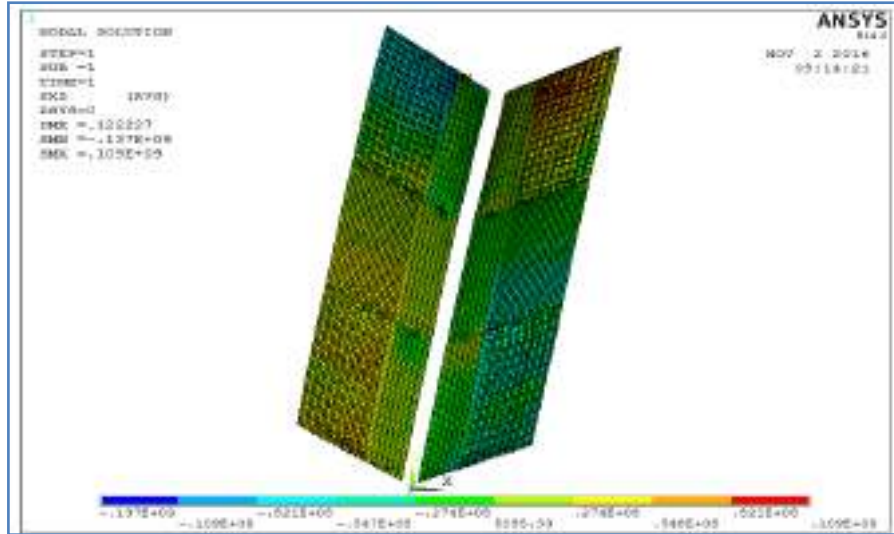
3. Center girder dan side girder



Gambar V.45 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 183 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

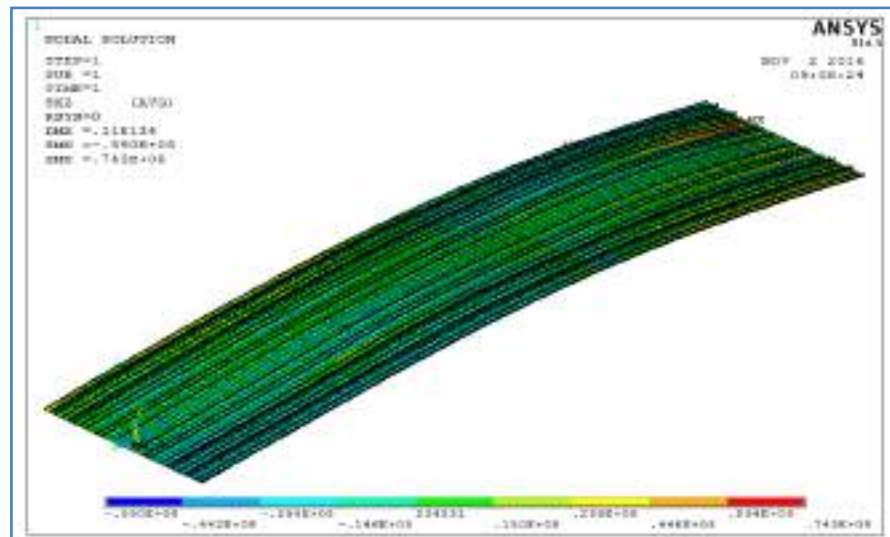
4. Pelat *hopper*



Gambar V.46 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 137 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.47 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $74,5 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

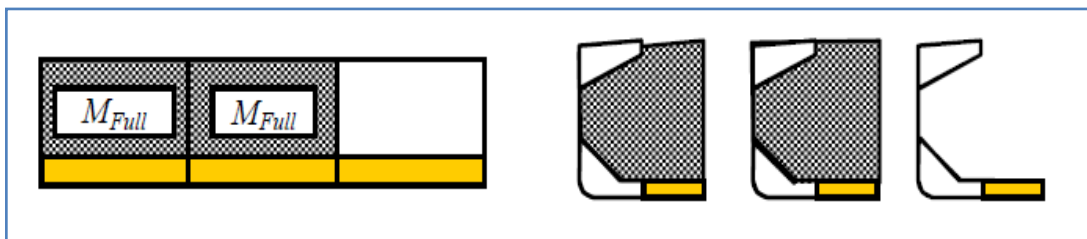
Tabel V.7 Resume tegangan geser LC 5

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	232	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		134	Memenuhi
3	Pelat hopper		137	Memenuhi
4	Center dan side girder		183	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		74,5	Memenuhi

Tabel V.7 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.7 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak dan girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, pelat hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.7. Multiport - 3 (LC 6 H1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi penuh sedangkan ruang muat 2 dikosongkan.



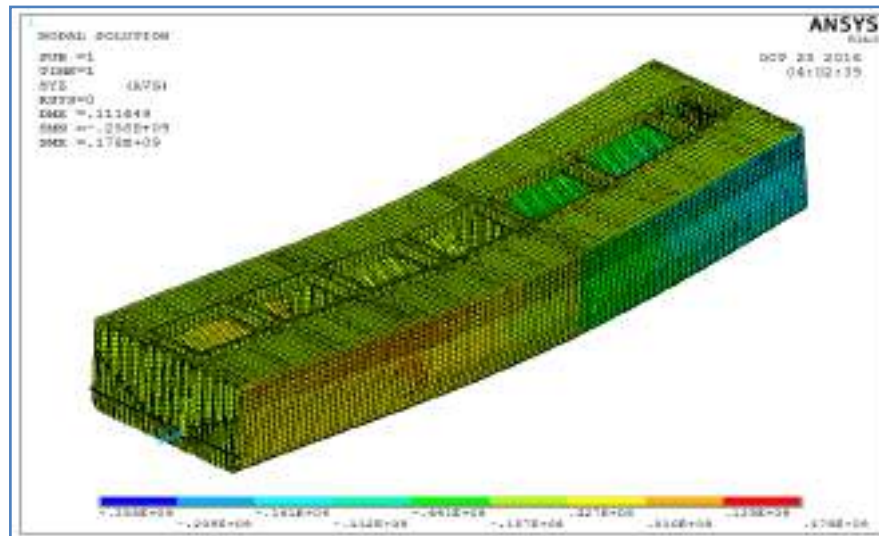
Gambar V.48 Pola pemuatan LC 6

Gambar V.48 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

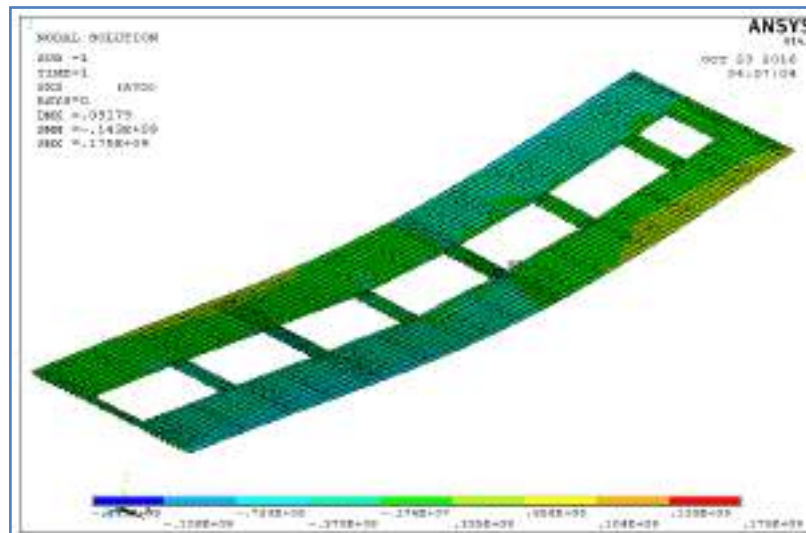
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan multiport - 3 LC 6.



Gambar V.49 Plot full model

Gambar V.49 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

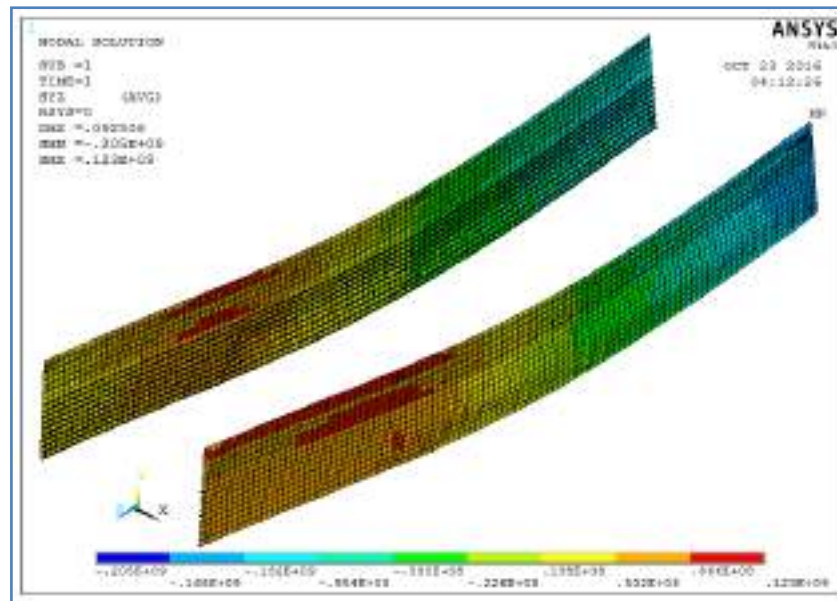
1. Pelat geladak



Gambar V.50 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 175 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

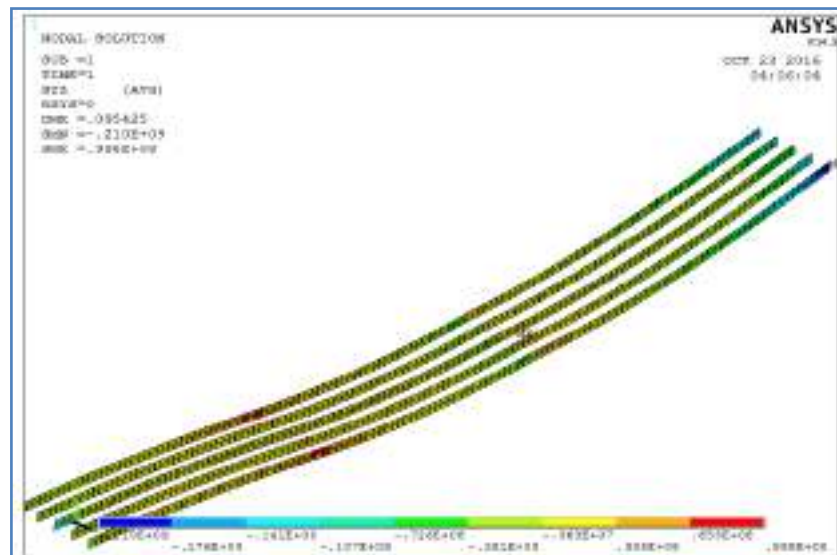
2. Pelat sisi



Gambar V.51 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 205 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi tidak memenuhi kriteria dari CSR.

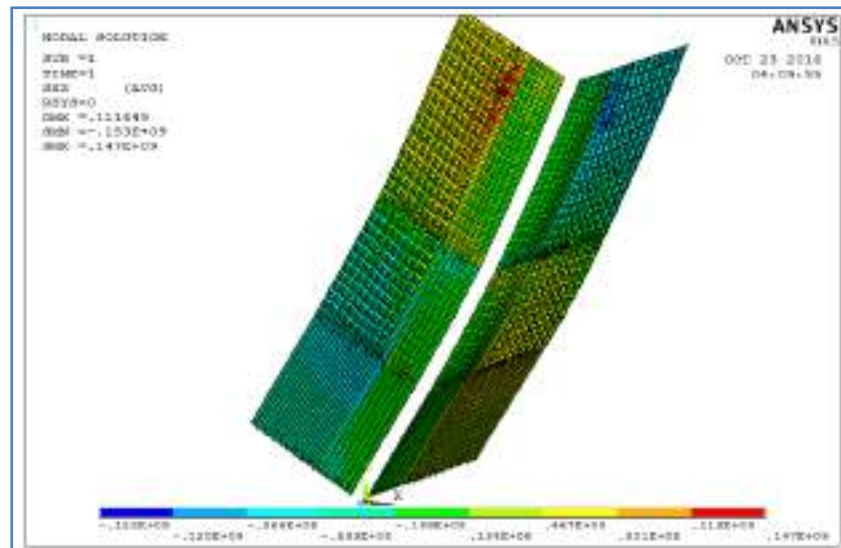
3. Center girder dan side girder



Gambar V.52 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 99,8 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

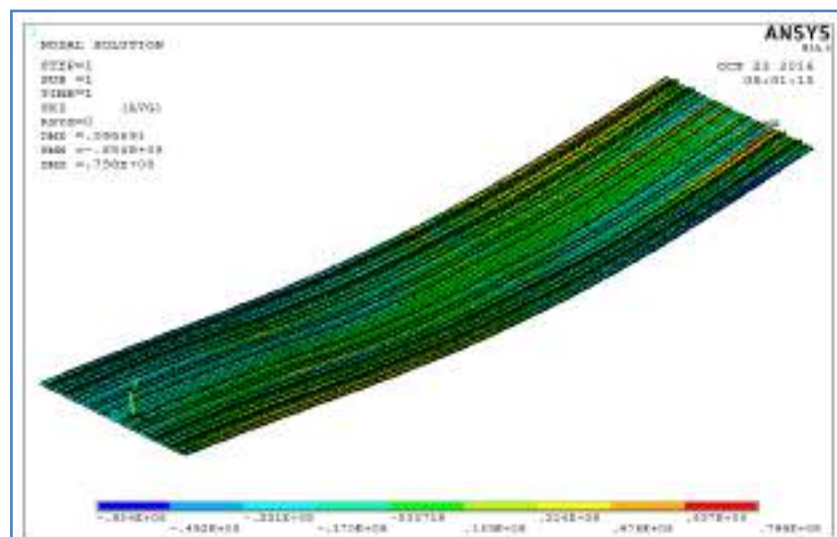
4. Pelat *hopper*



Gambar V.53 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 153 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.54 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $79,8 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

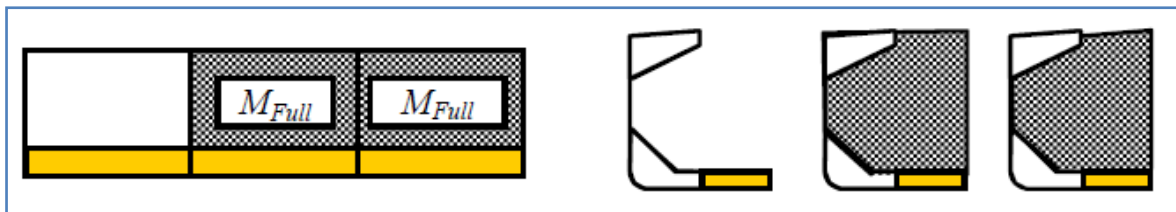
Tabel V.8 Resume hasil tegangan geser LC 6

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	175	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		205	Tidak memenuhi
3	Pelat hopper		153	Memenuhi
4	Center dan side girder		99.8	Memenuhi
5	Pelat alas		79	Memenuhi

Tabel V.8 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.8 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak dan pelat sisi tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk hopper, girder, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.8. Multiport - 3 (LC 7 H1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dikosongkan sedangkan ruag muat 3 dan 2 diisi muatan penuh.



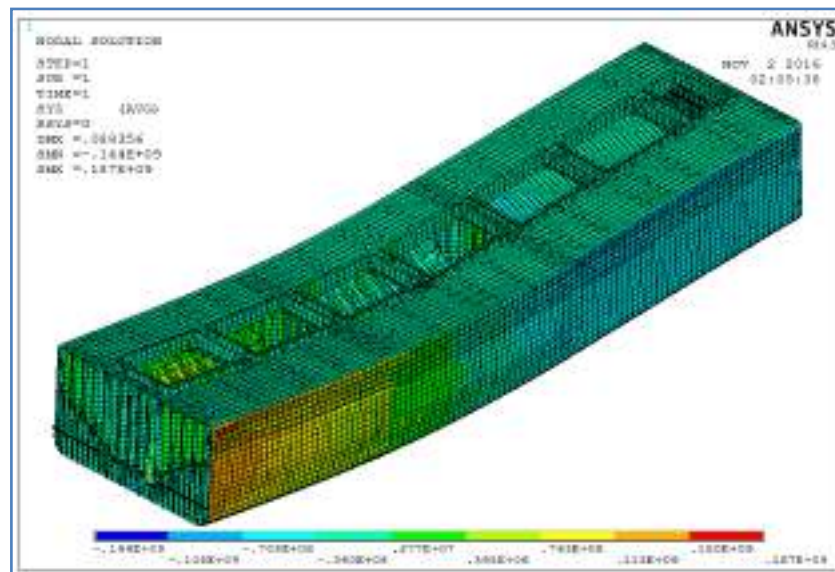
Gambar V.55 Pola pemuatan LC 7

Gambar V.55 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

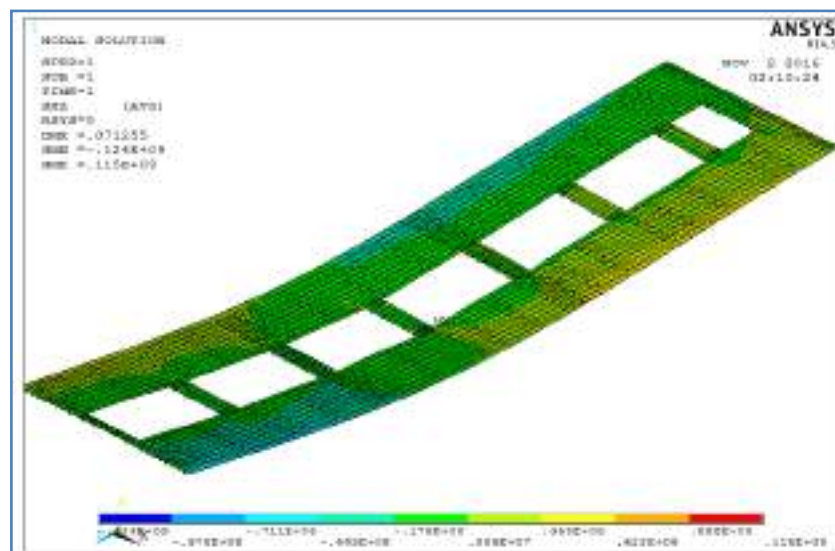
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan multiport - 3 LC 7 H1.



Gambar V.56 Plot full model

Gambar V.56 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

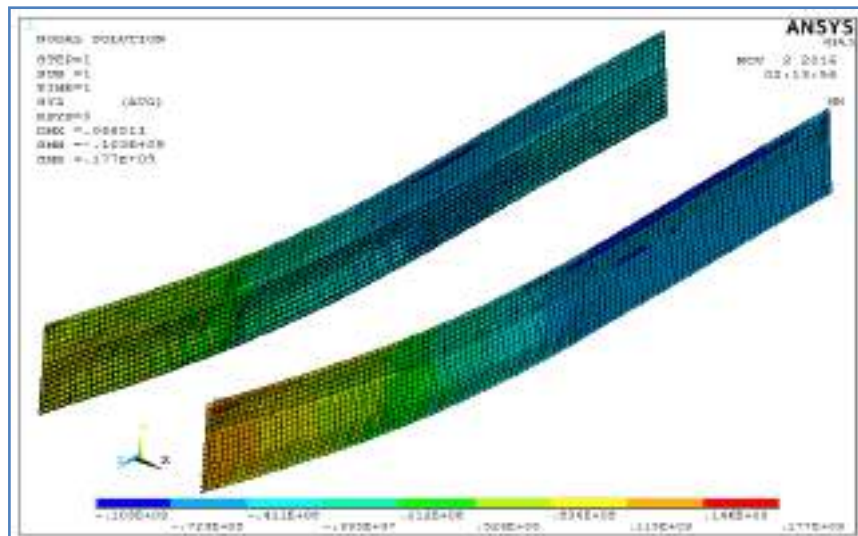
1. Pelat geladak



Gambar V.57 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 124 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

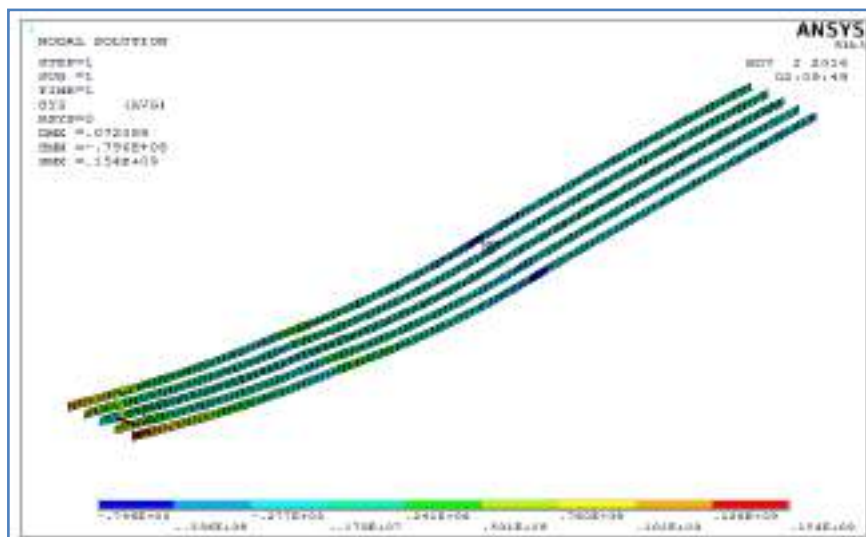
2. Pelat sisi



Gambar V.58 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 177 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi tidak memenuhi kriteria dari CSR.

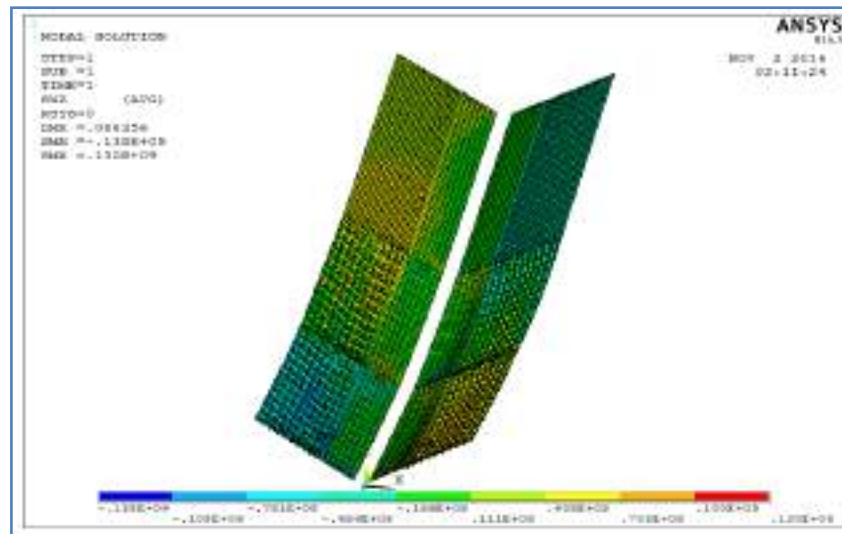
3. Center girder dan side girder



Gambar V.59 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah 154 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* tidak memenuhi kriteria dari CSR.

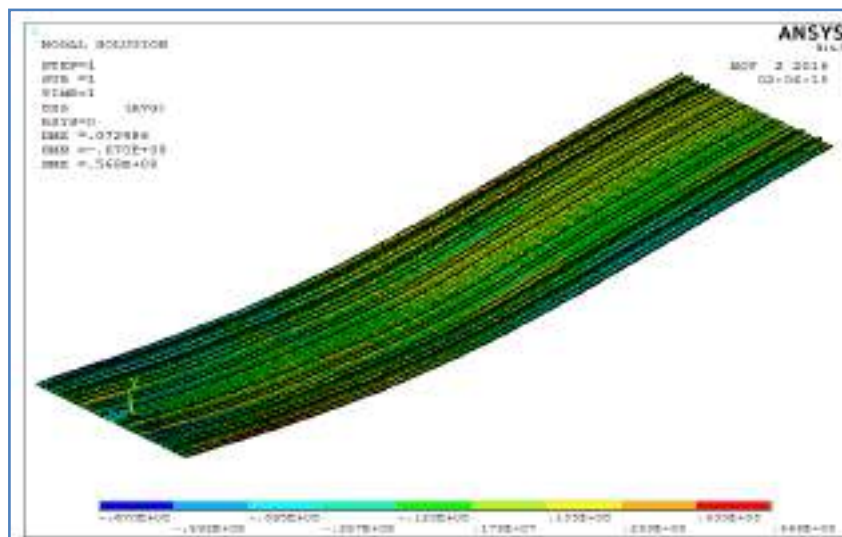
4. Pelat *hopper*



Gambar V.60 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat hopper adalah 136 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat hooper memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.61 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah 67 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

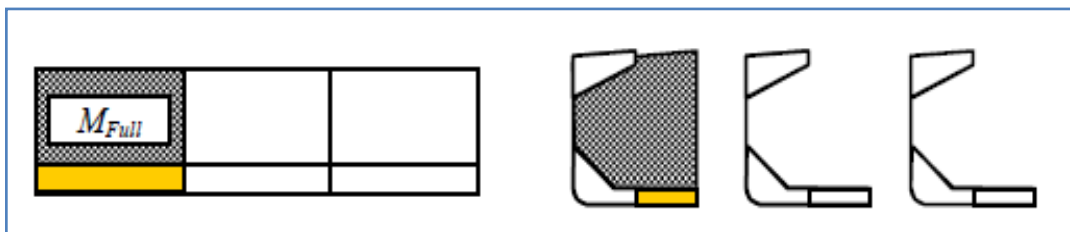
Tabel V.9 Resume tegangan geser LC 7

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	124	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		177	Tidak memenuhi
3	Pelat hopper		136	Memenuhi
4	Center dan side girder		154	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		67	Memenuhi

Tabel V.9 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.9 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak, pelat sisi, dan girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk hopper dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.9. Multiport – 4 (LC 8 F2)

Pada kondisi ini ruang muat 4 diisi penuh sedangkan ruang muat 3 dan 2 dikosongkan



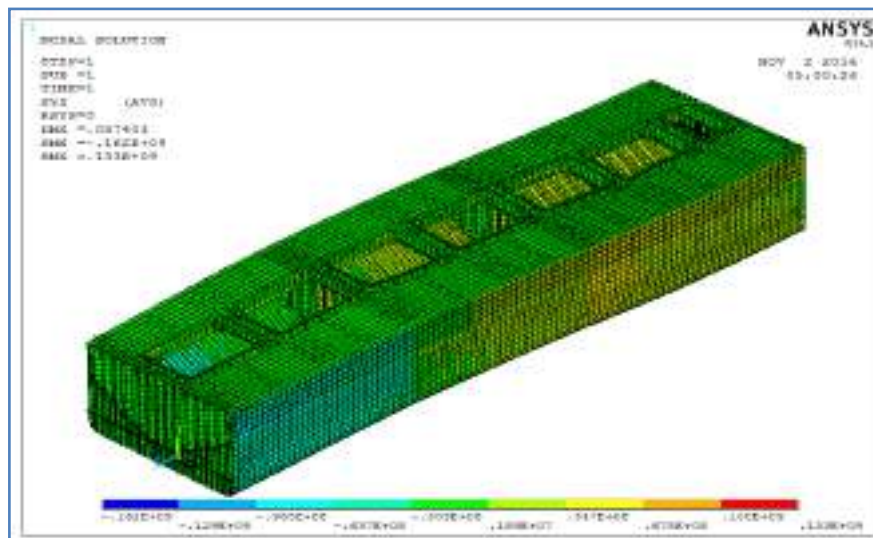
Gambar V.62 Pola pemuatan LC 8 F2

Gambar V.62 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki double bottom (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak bulk carrier 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

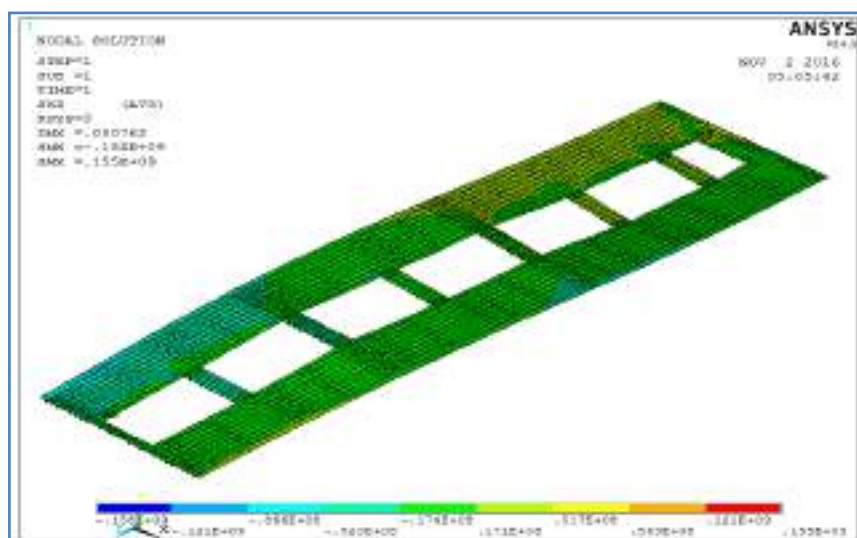
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan multiport-4 LC 8.



Gambar V.63 Plot full model

Gambar V.63 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

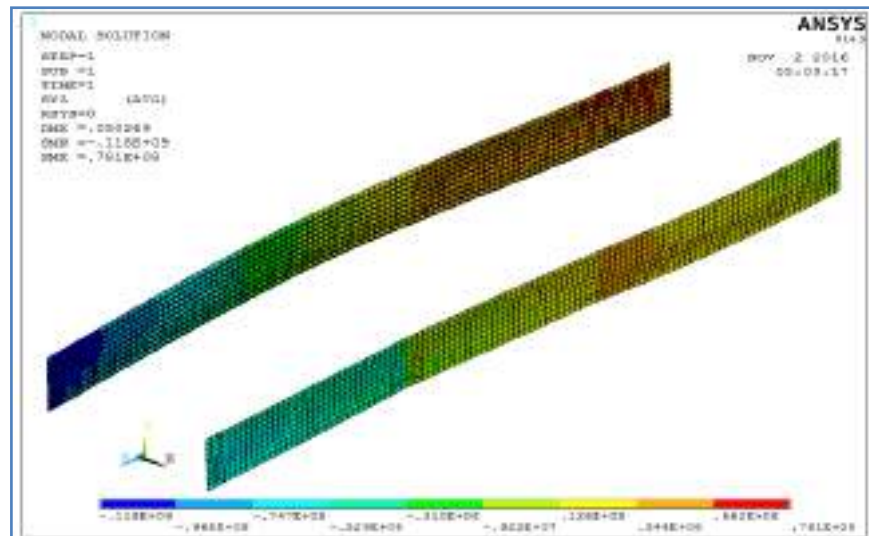
1. Pelat geladak



Gambar V.64 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 156 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

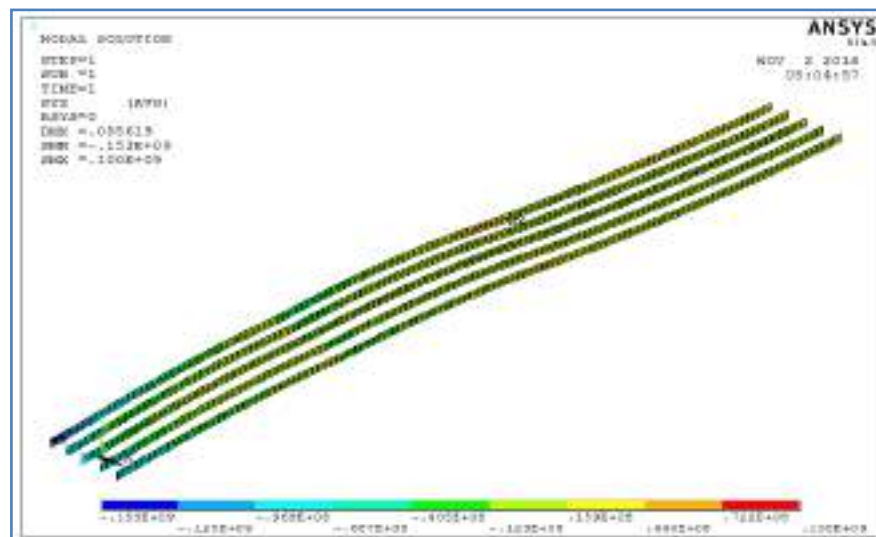
2. Pelat sisi



Gambar V.65 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 118 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

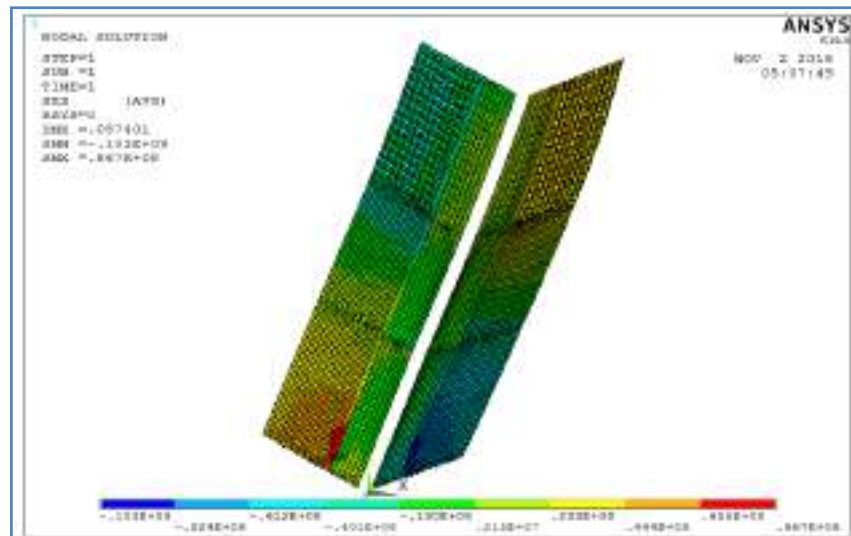
3. Center girder dan side girder



Gambar V.66 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 153 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

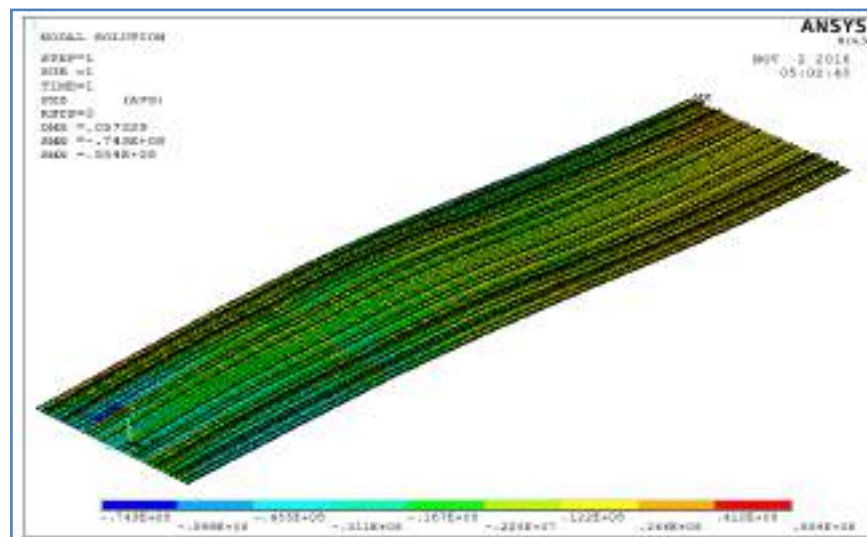
4. Pelat *hopper*



Gambar V.67 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 103 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.68 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $74,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

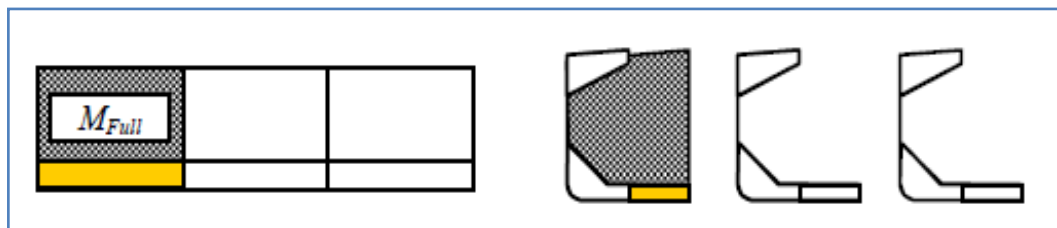
Tabel V.10 Resume tegangan geser LC 8 F2

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	156	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		118	Memenuhi
3	Pelat hopper		153	Memenuhi
4	Center dan side girder		103	Memenuhi
5	Pelat alas		74.3	Memenuhi

Tabel V.10 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.10 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, girder, hopper dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.10. Multiport – 4 (LC 8 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 diisi penuh sedangkan ruang muat 3 dan 2 dikosongkan



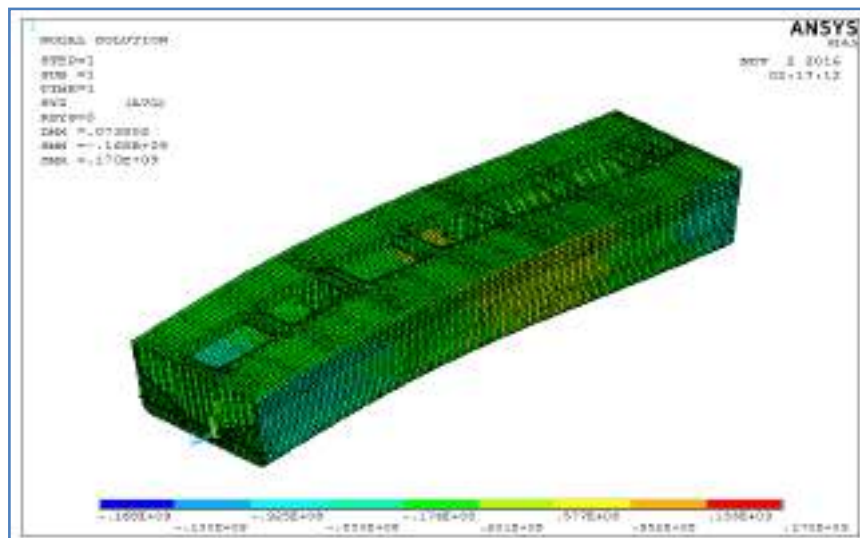
Gambar V.69 Pola pemuatan LC 8 P1

Gambar V.69 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

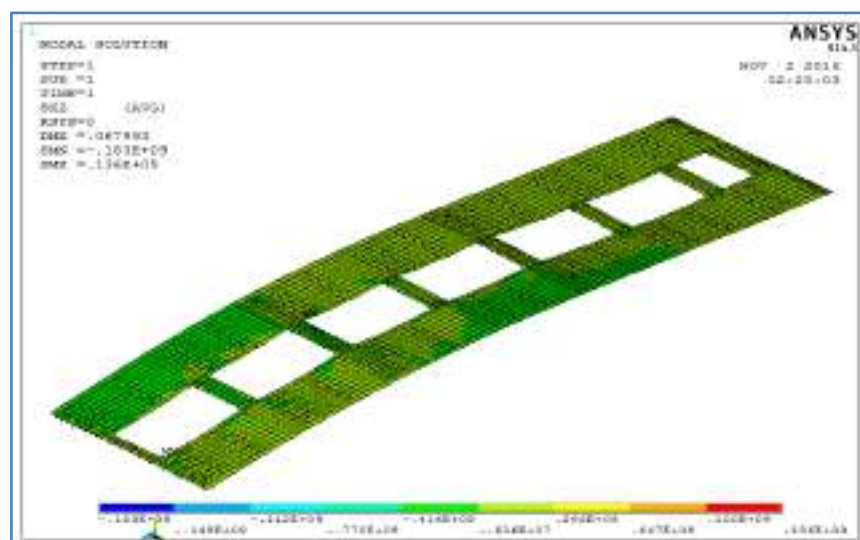
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan multiport-4 LC 8.



Gambar V.70 Plot full model

Gambar V.70 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

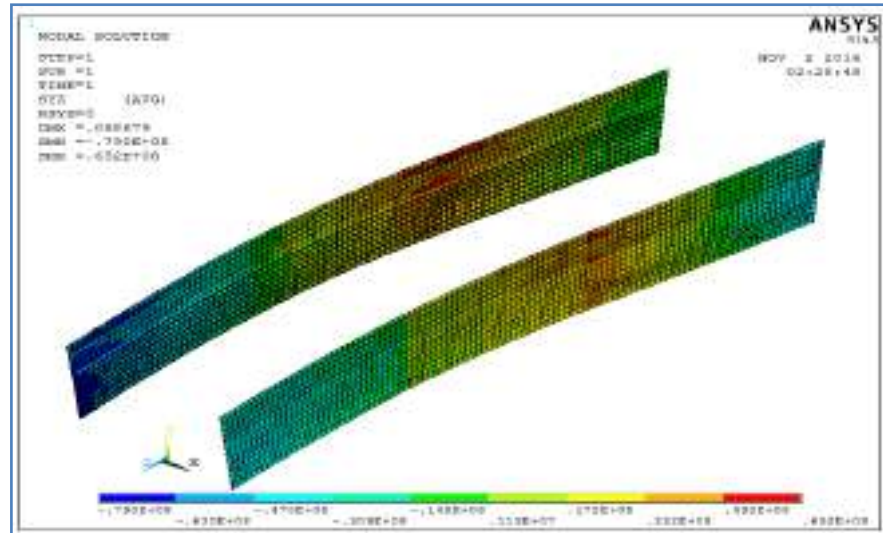
1. Pelat geladak



Gambar V.71 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 183 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

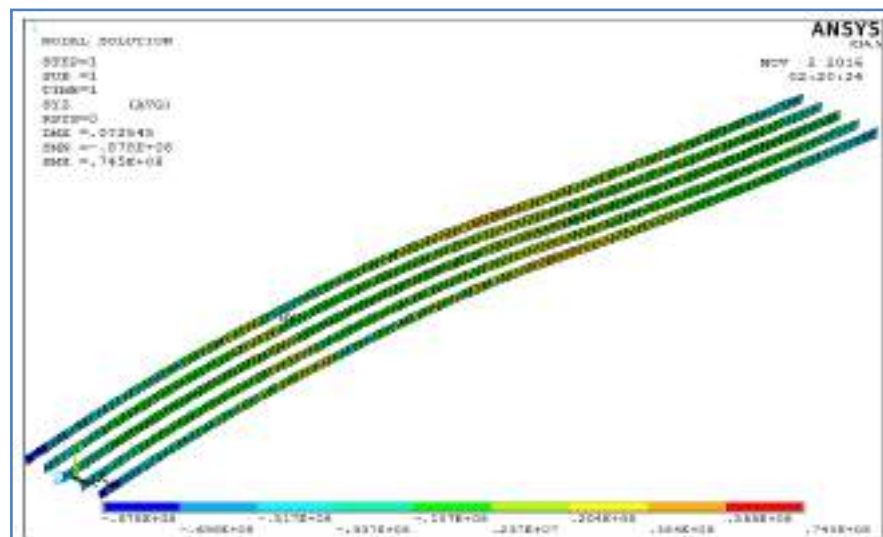
2. Pelat sisi



Gambar V.72 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 79 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

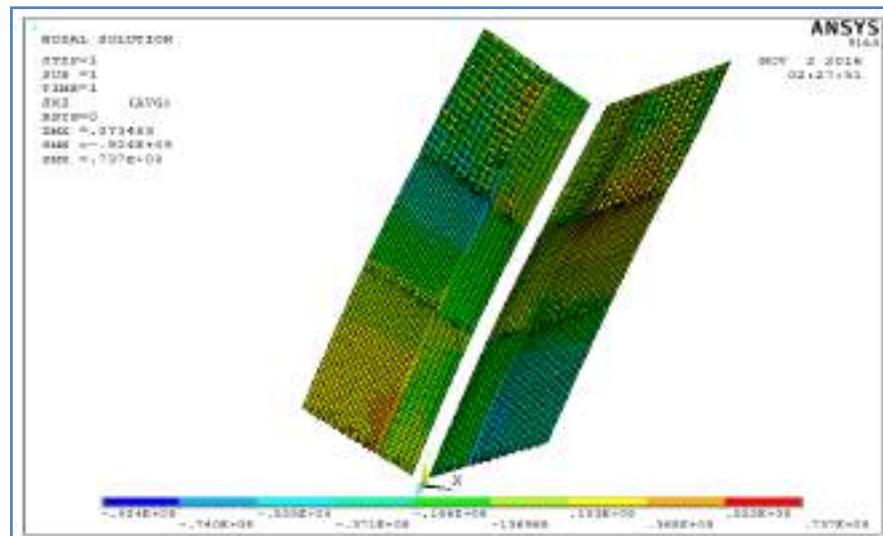
3. Center girder dan side girder



Gambar V.73 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $87,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

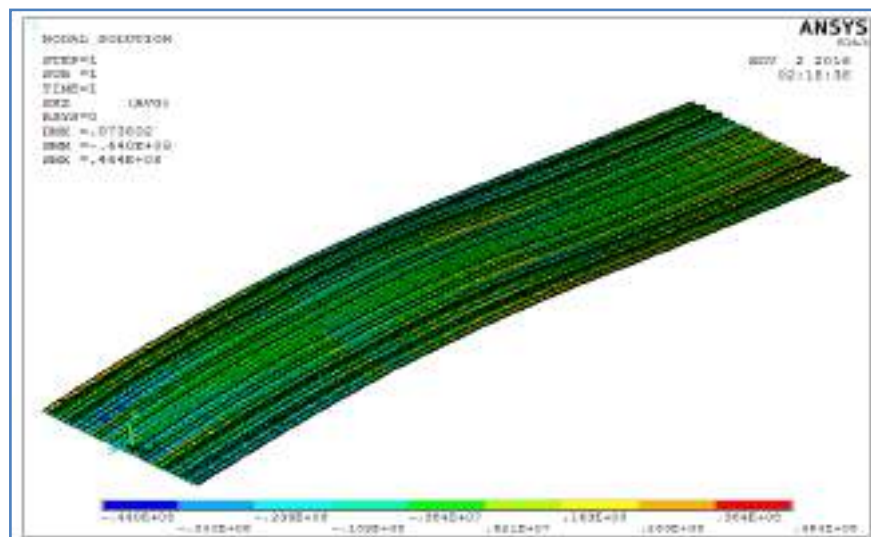
4. Pelat *hopper*



Gambar V.74 Plot pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 92,4 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat hooper memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.75 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah 46,4 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

Tabel V.11 Resume tegangan geser LC 8 P1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	183	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		79	Memenuhi
3	Pelat hopper		92,4	Memenuhi
4	Center dan side girder		87,6	Memenuhi
5	Pelat alas		46,4	Memenuhi

Tabel V.9 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.8 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, girder, hopper dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.11. Multiport – 4 (LC 9 F2)

Pada kondisi ini ruang muat 2 diisi penuh sedangkan ruag muat 4 dan 3 dikosongkan



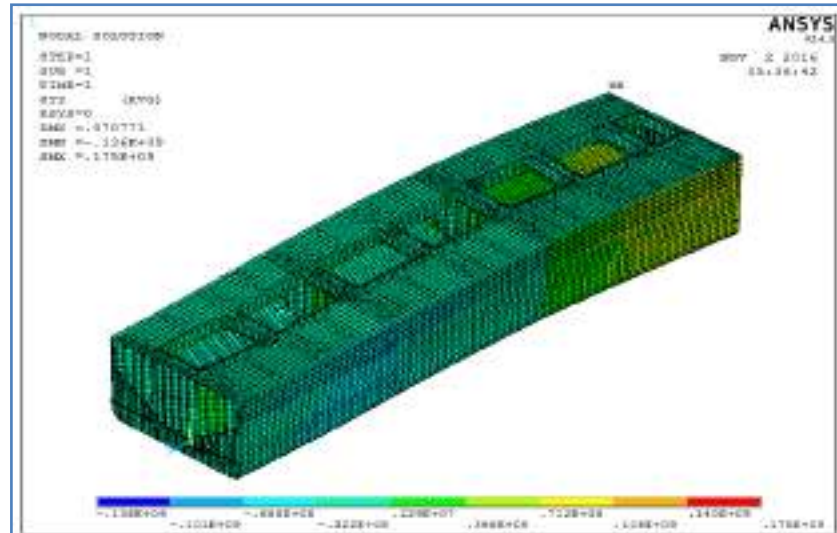
Gambar V.76 Pola pemuatan LC 9 F2

Gambar V.76 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki double bottom (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak, karena pada geladak bulk carrier 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi, karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. Center girder dan side girder, karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper, karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas, karena menerima beban tekanan dari air laut

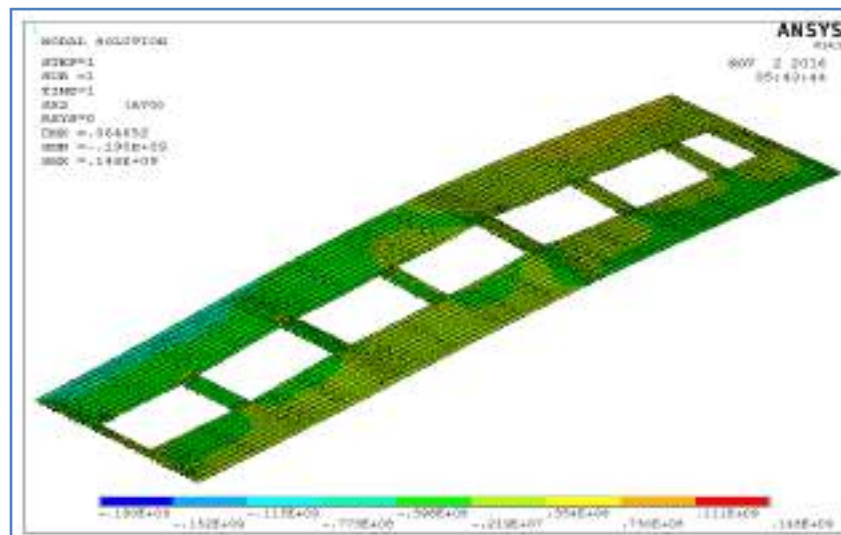
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan LC 9.



Gambar V.77 Plot full model

Gambar V.77 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

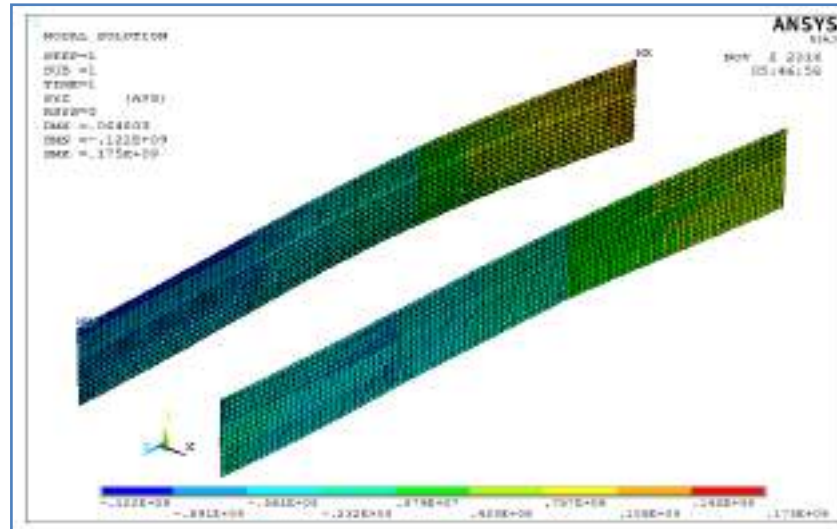
1. Pelat geladak



Gambar V.78 Plot pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 190 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

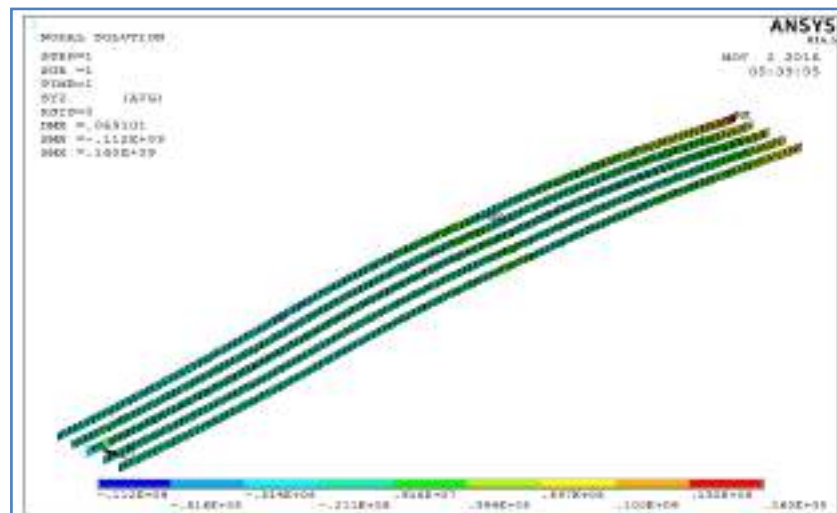
2. Pelat sisi



Gambar V.79 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 122 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

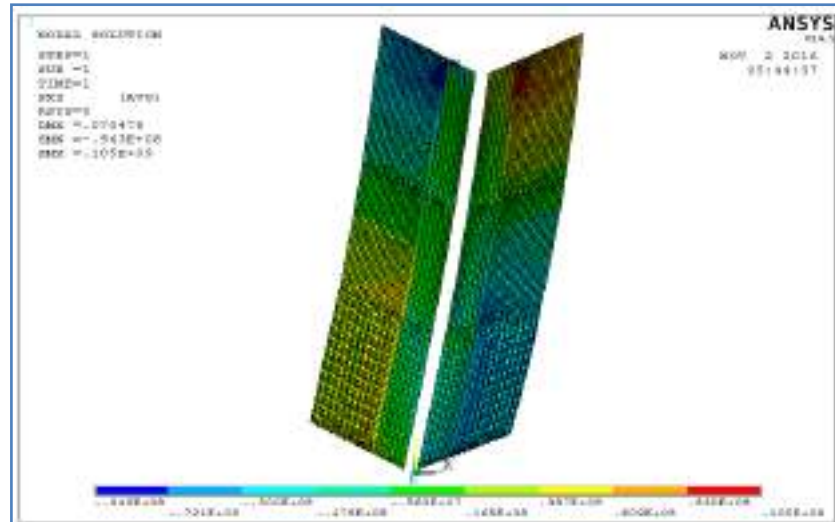
3. Center girder dan side girder



Gambar V.80 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 160 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

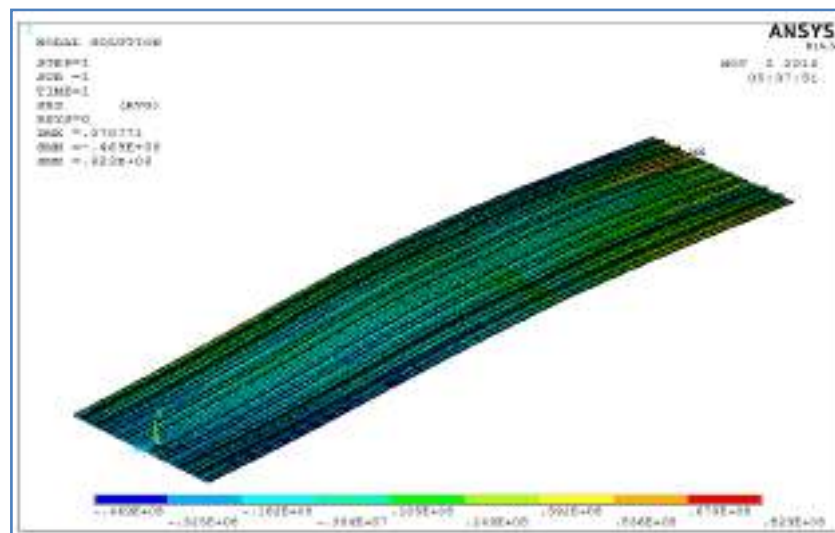
4. Pelat *hopper*



Gambar V.81 Plot pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 105 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.82 Plot pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $62,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

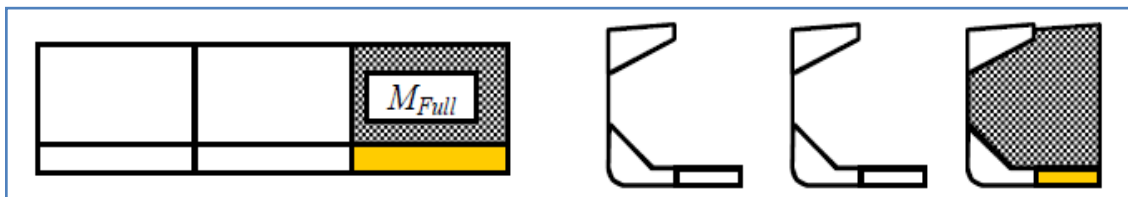
Tabel V.12 Resume tegangan geser LC 9F2

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	190	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		122	Memenuhi
3	Pelat hopper		105	Memenuhi
4	Center dan side girder		160	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		62,3	Memenuhi

Tabel V.12 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.12 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak dan girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.12. Multiport – 4 (LC 9 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 2 diisi penuh sedangkan ruang muat 4 dan 3 dikosongkan.



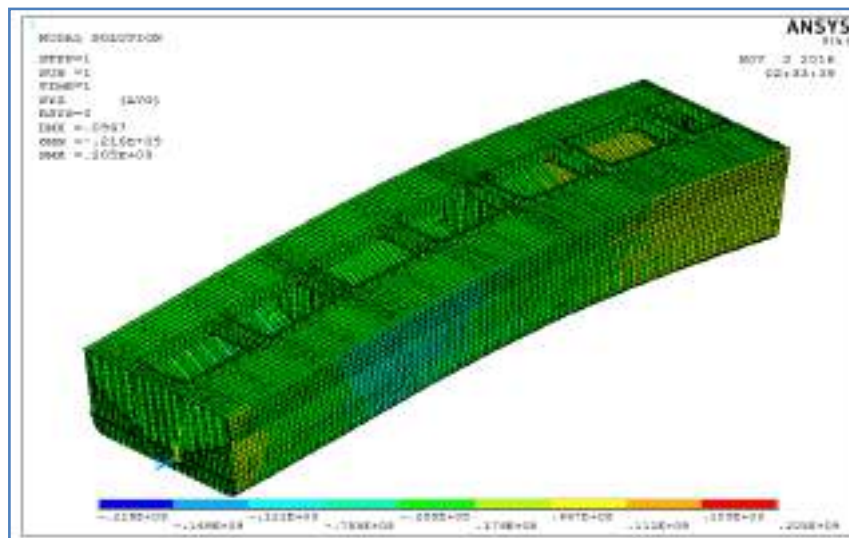
Gambar V.83 Pola pemuatan LC 9 P1

Gambar V.21 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. Center girder dan side girder karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

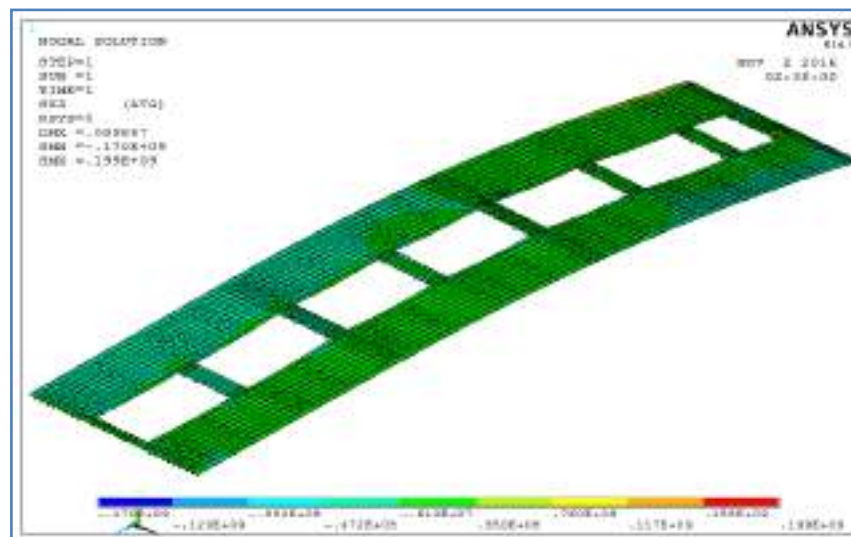
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan multiport-4 LC 9.



Gambar V.84 Plot full model

Gambar V.84 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

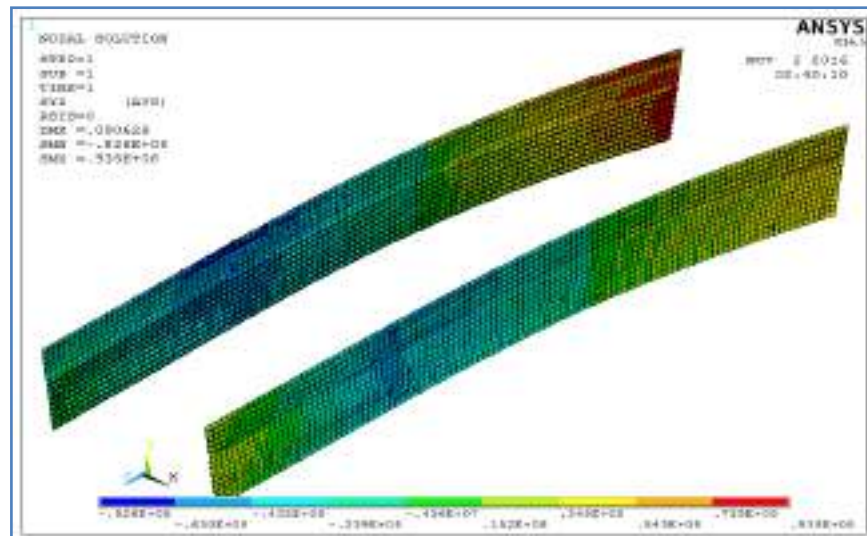
1. Pelat geladak



Gambar V.85 Plot model geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 199 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

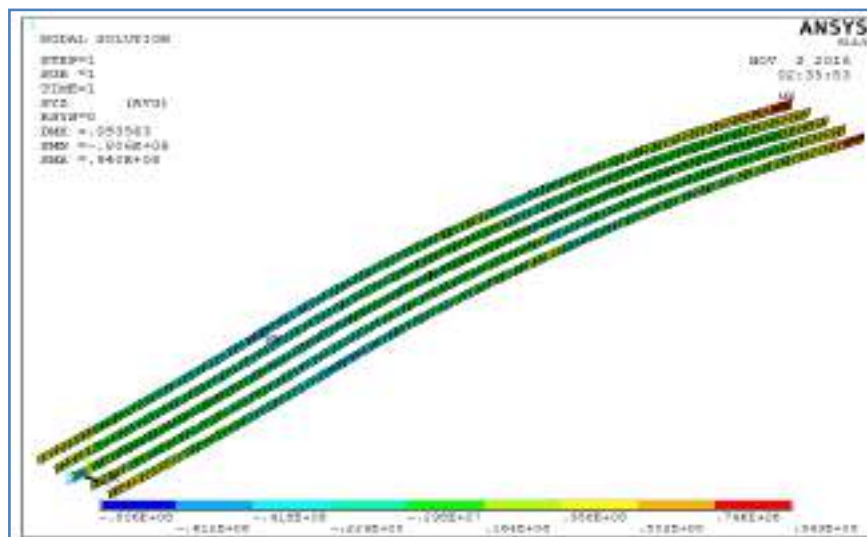
2. Pelat sisi



Gambar V.86 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $93,4 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

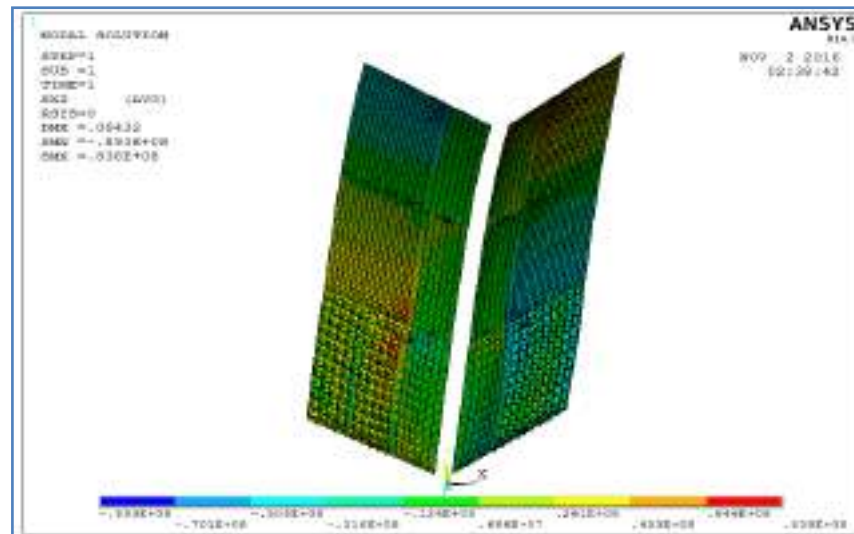
3. Center girder dan side girder



Gambar V.87 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 94 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

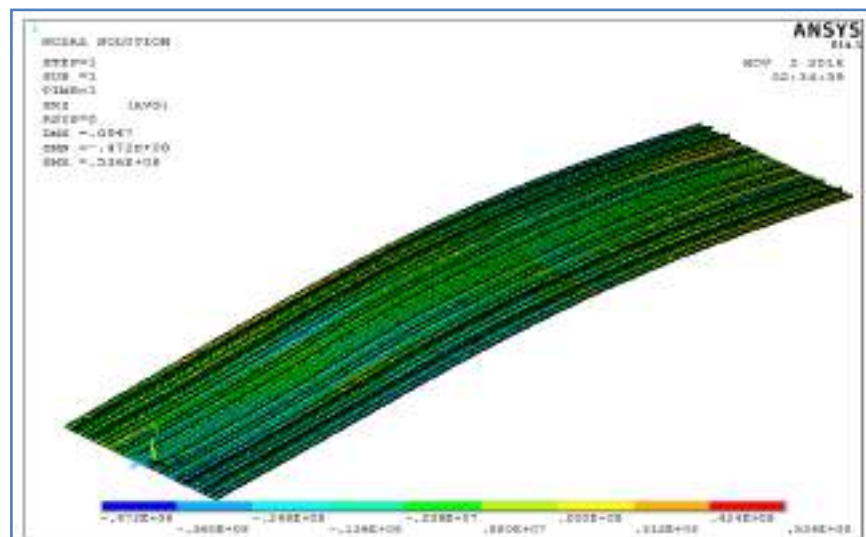
4. Pelat *hopper*



Gambar V.88 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah $89,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hooper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.89 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $53,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

Tabel V.13 Resume tegangan geser LC 9 P1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	199	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		93,4	Memenuhi
3	Pelat hopper		89,3	Memenuhi
4	Center dan side girder		94	Memenuhi
5	Pelat alas		53,6	Memenuhi

Tabel V.13 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.13 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, girder, hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.13. Alternate Load (LC 10 F2)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 2 diisi muatan desain, ruang muat 3 dikosongkan.



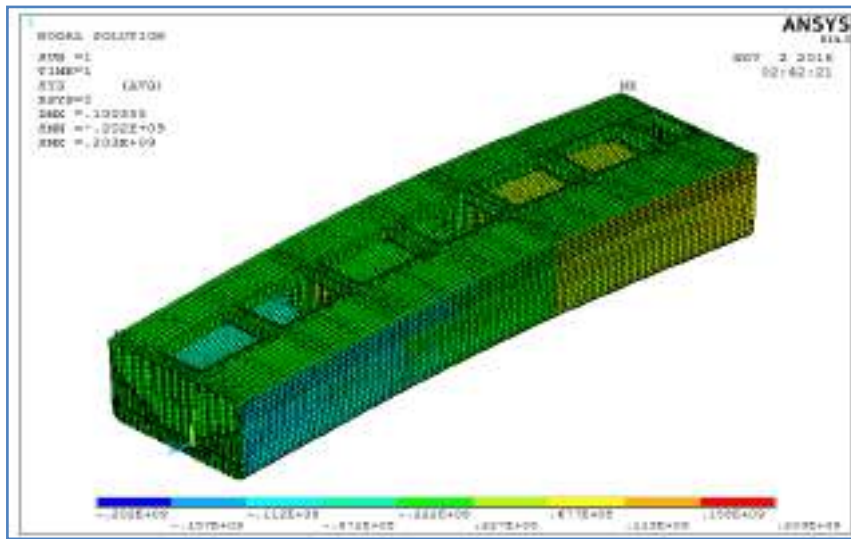
Gambar V.90 Pola pemuatan LC 10 F2

Gambar V.90 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

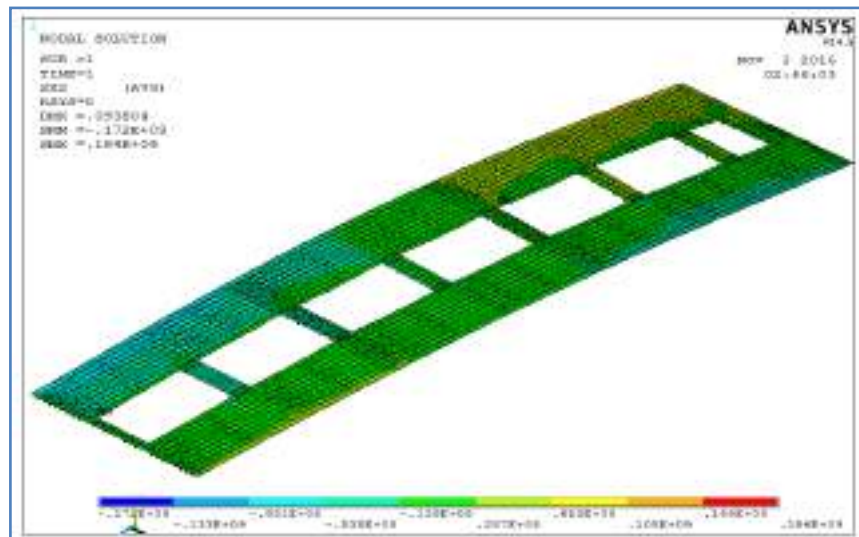
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan *running* pada kondisi muatan alternate load LC 10.



Gambar V.91 Plot full model

Gambar V.91 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

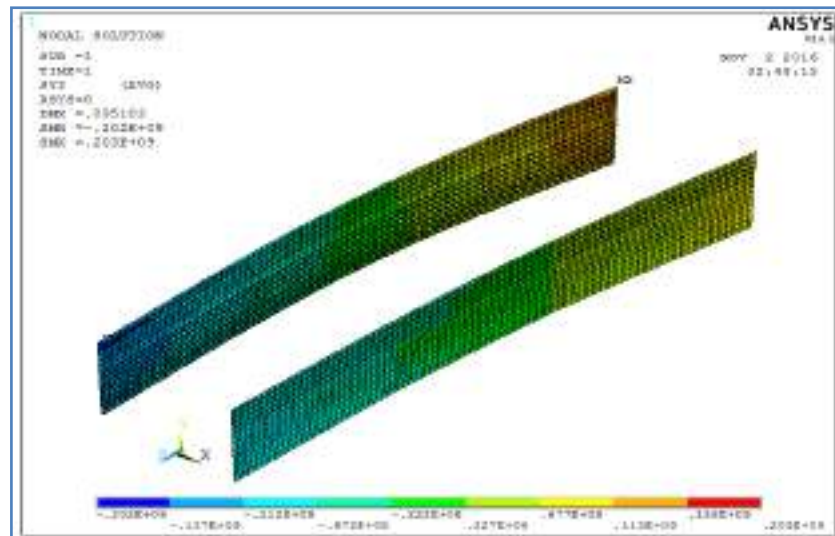
1. Pelat geladak



Gambar V.92 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 172 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

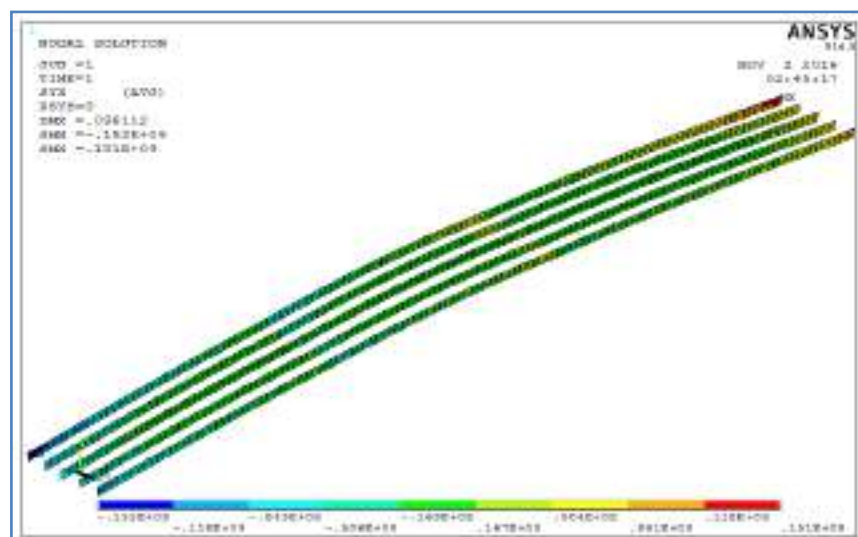
2. Pelat sisi



Gambar V.93 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 203 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi tidak memenuhi kriteria dari CSR.

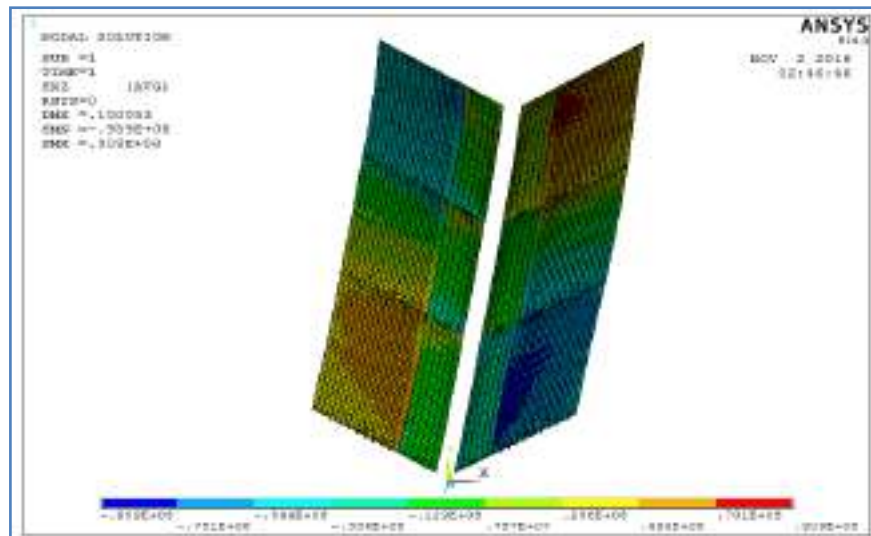
3. Center girder dan side girder



Gambar V.94 Plot girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 152 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

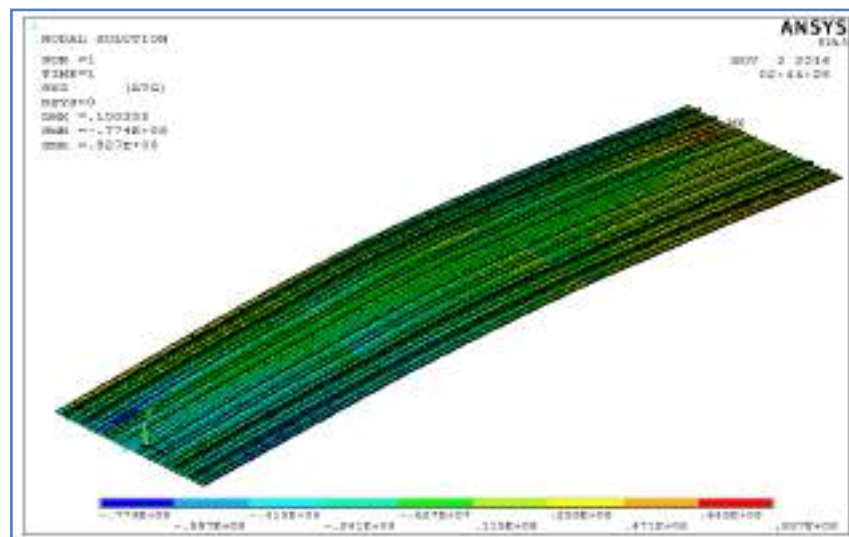
4. Pelat *hopper*



Gambar V.95 Plot pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 95,9 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat hooper memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.96 Plot pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah 82,7 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

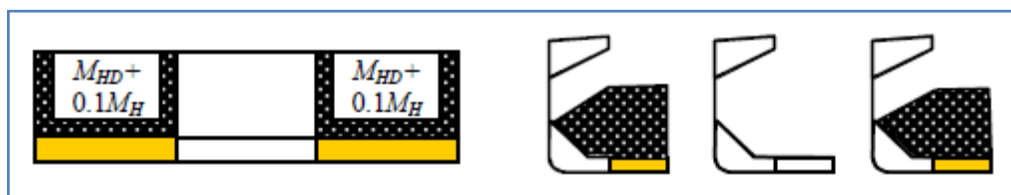
Tabel V.14 Resume tegangan geser LC 10 F2

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	172	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		203	Tidak memenuhi
3	Pelat hopper		95,9	Memenuhi
4	Center dan side girder		152	Memenuhi
5	Pelat alas		82,7	Memenuhi

Tabel V.14 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.14 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak dan pelat sisi tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk girder, hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.14. Alternate Load (LC 10 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 2 diisi muatan desain, ruang muat 3 dikosongkan.



Gambar V.97 Pola pemuatan LC 10 P1

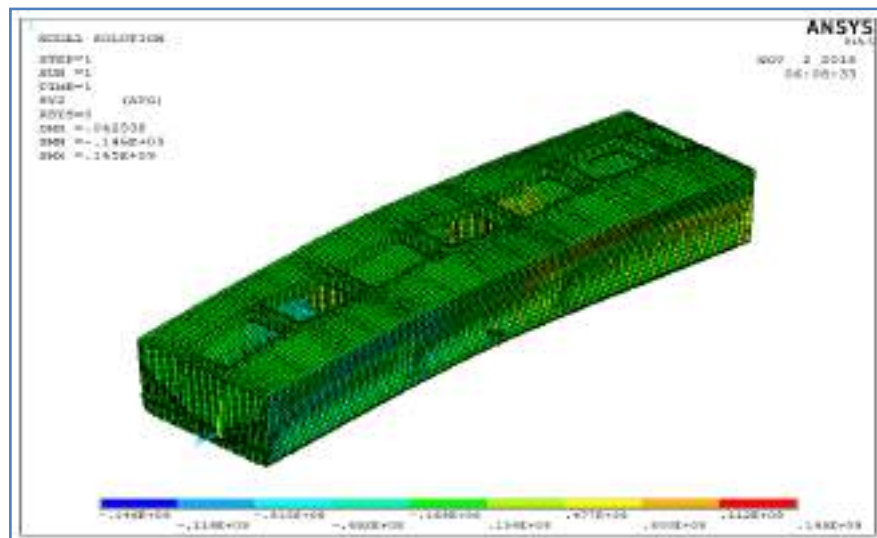
Gambar V.97 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan LC

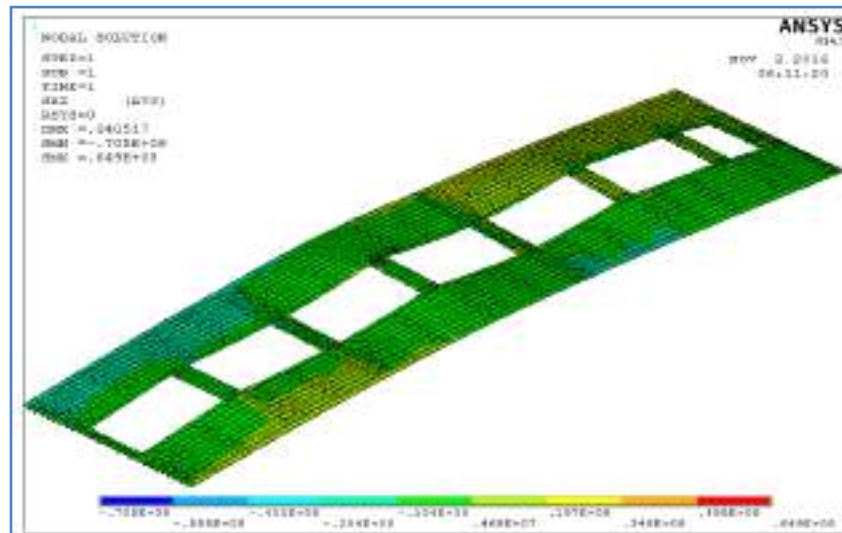
10.



Gambar V.98 Plot full model

Gambar V.98 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

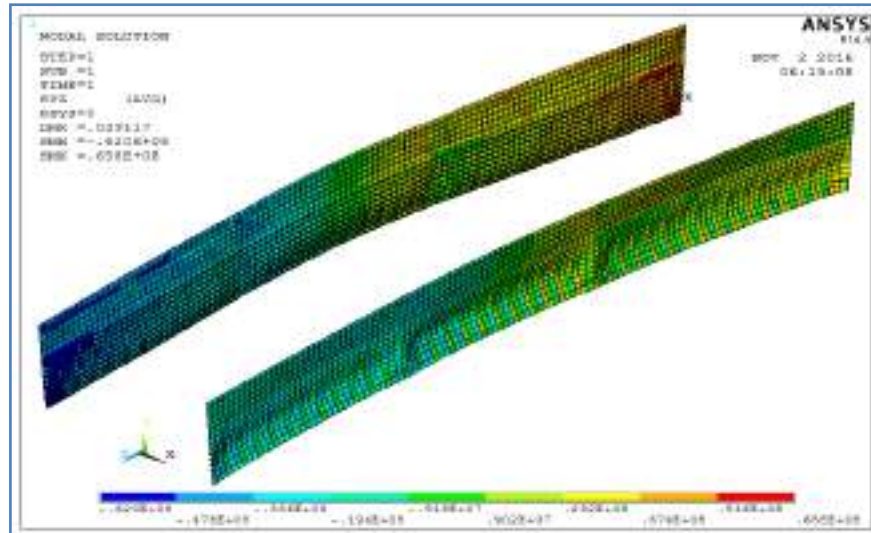
1. Pelat geladak



Gambar V.99 Plot pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 70,5 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

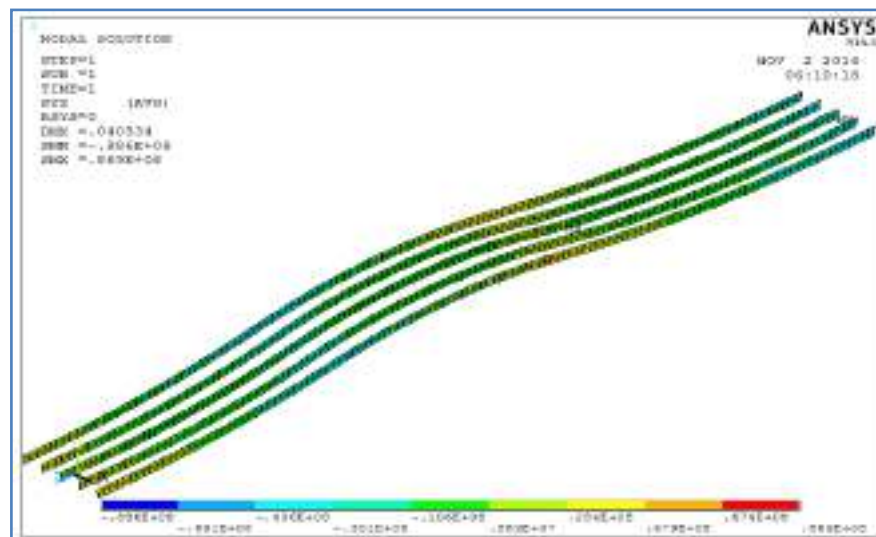
2. Pelat sisi



Gambar V.100 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $65,5 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

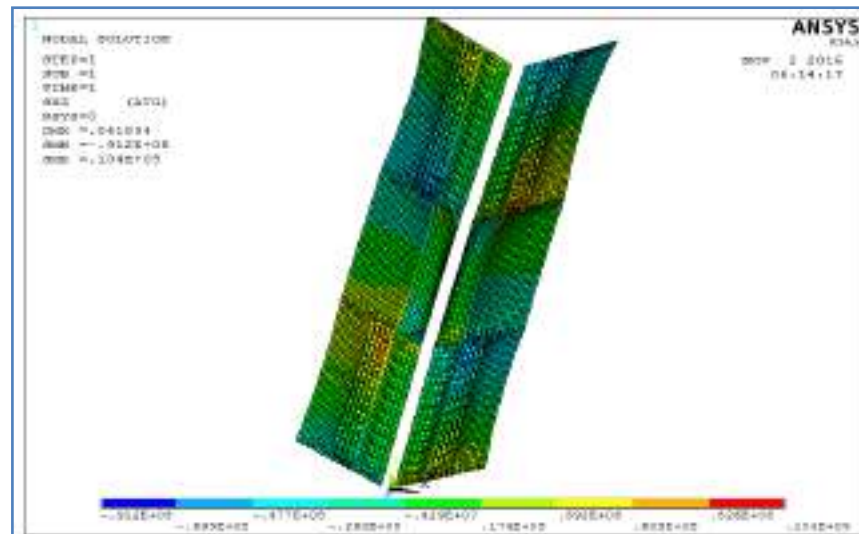
3. Center girder dan side girder



Gambar V.101 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $88,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

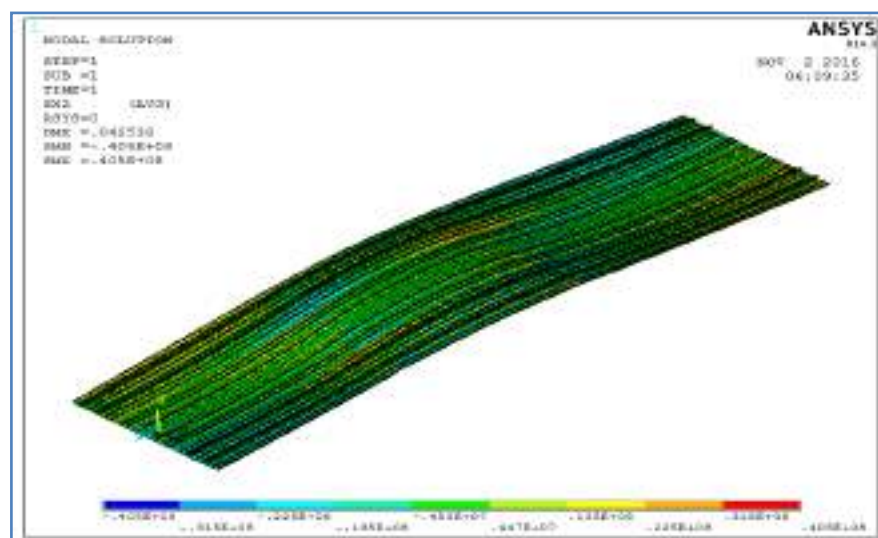
4. Pelat *hopper*



Gambar V.102 Plot pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat *hopper* adalah 104 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.103 Plot pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah 40,5 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

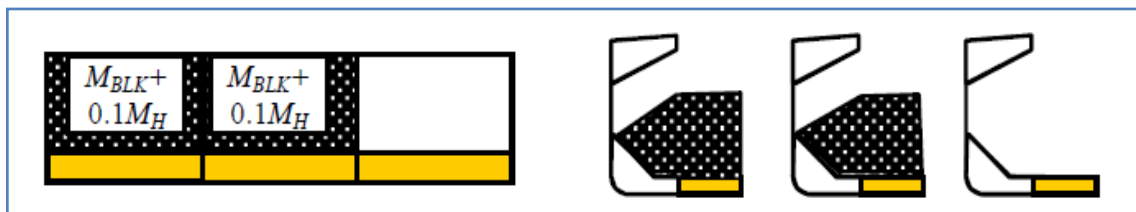
Tabel V.15 Resume tegangan geser LC 10 P1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	70,5	Memenuhi
2	Pelat sisi		65,5	Memenuhi
3	Pelat hopper		104	Memenuhi
4	Center dan side girder		88,6	Memenuhi
5	Pelat alas		40,5	Memenuhi

Tabel V.15 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.15 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.15. Alternate Block Load (LC 11 H1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi dengan sesuai dengan muatan desain sedangkan ruang muat 2 dikosongkan.



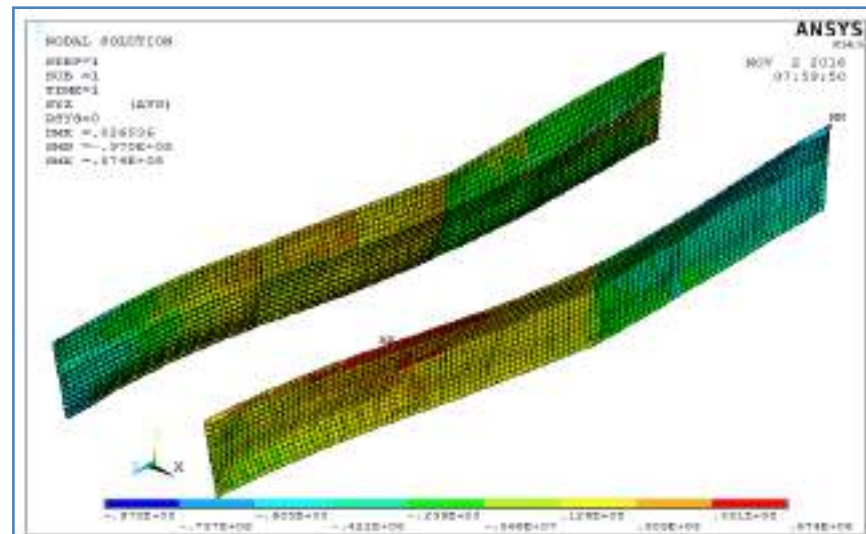
Gambar V.104 Pola pemuatan LC 11 H1

Gambar V.104 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi, karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. Center *girder* dan *side girder*, karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

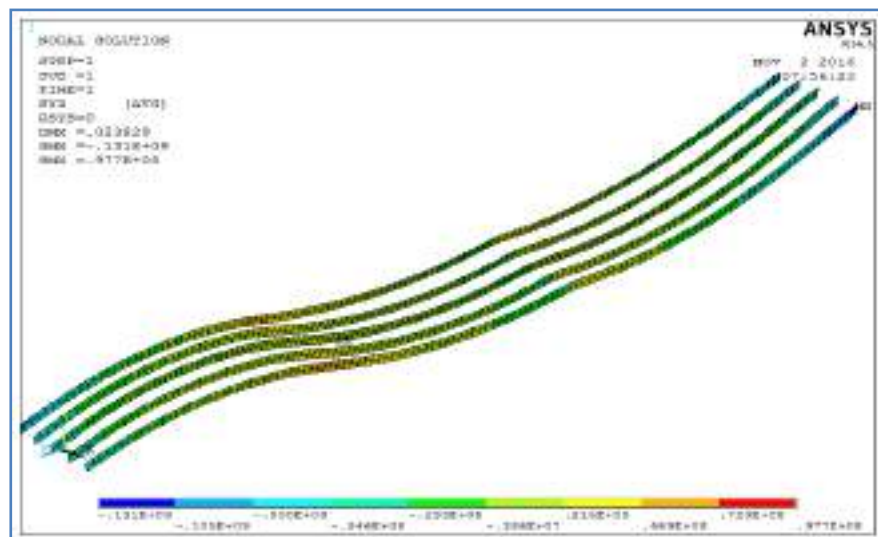
2. Pelat sisi



Gambar V.107 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 97 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

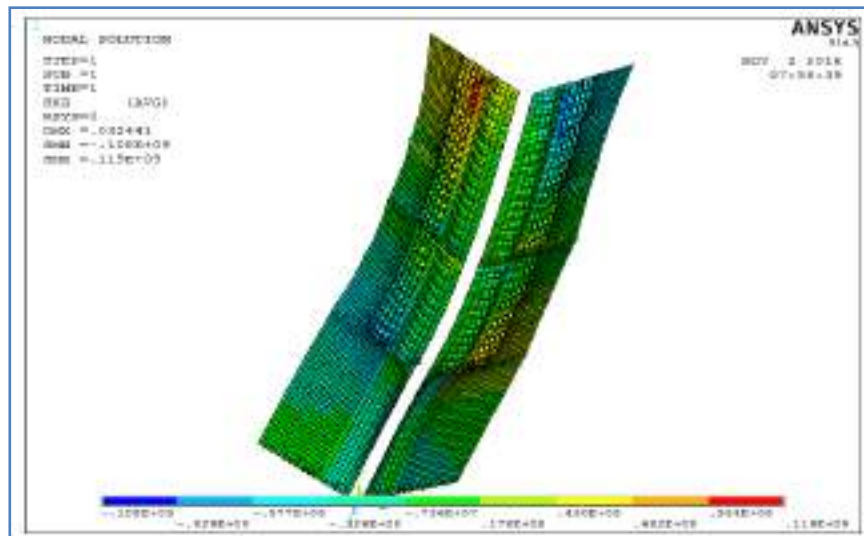
3. Center girder dan side girder



Gambar V.108 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 131 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

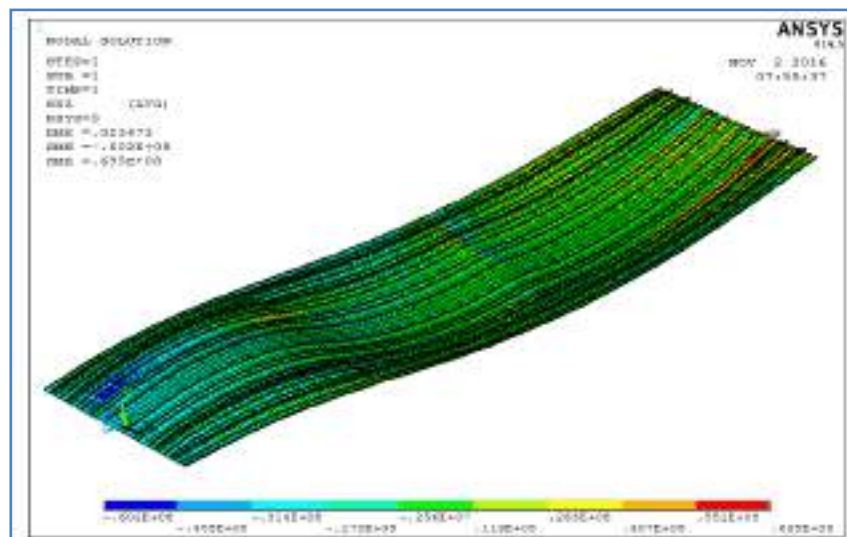
4. Pelat *hopper*



Gambar V.109 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat hopper adalah 119 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat hooper memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.110 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah $69,5 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

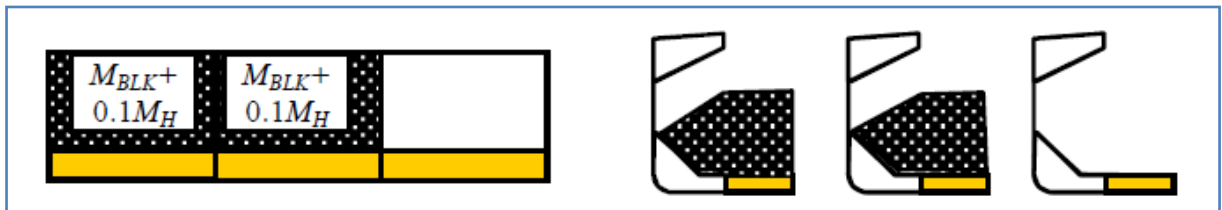
Tabel V.16 Resume tegangan geser LC 11

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	208	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		97	Memenuhi
3	Pelat hopper		119	Memenuhi
4	Center dan side girder		131	Memenuhi
5	Pelat alas		69,5	Memenuhi

Tabel V.16 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.16 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, girder, hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.16. Alternate Block Load (LC 11 F2)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi dengan sesuai dengan muatan desain sedangkan ruang muat 2 dikosongkan.



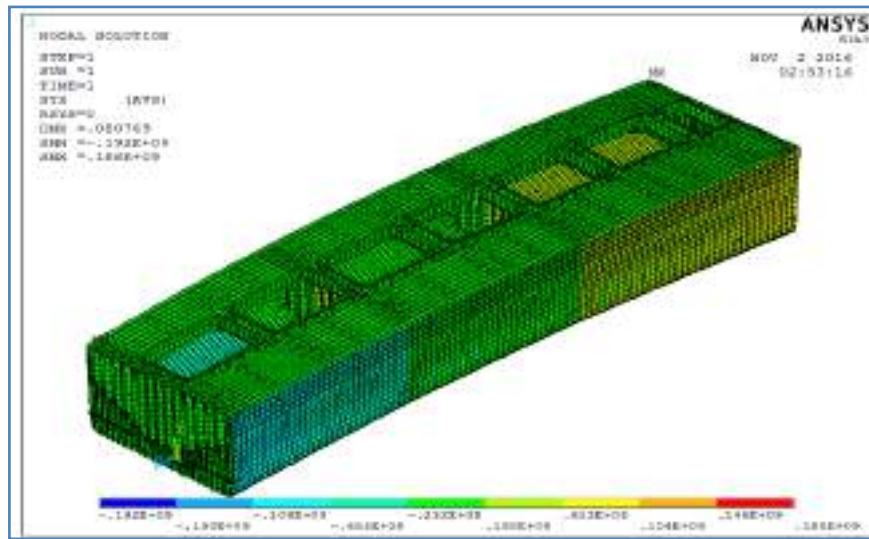
Gambar V.111 Pola pemuatan LC 11 F2

Gambar V.111 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan.
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

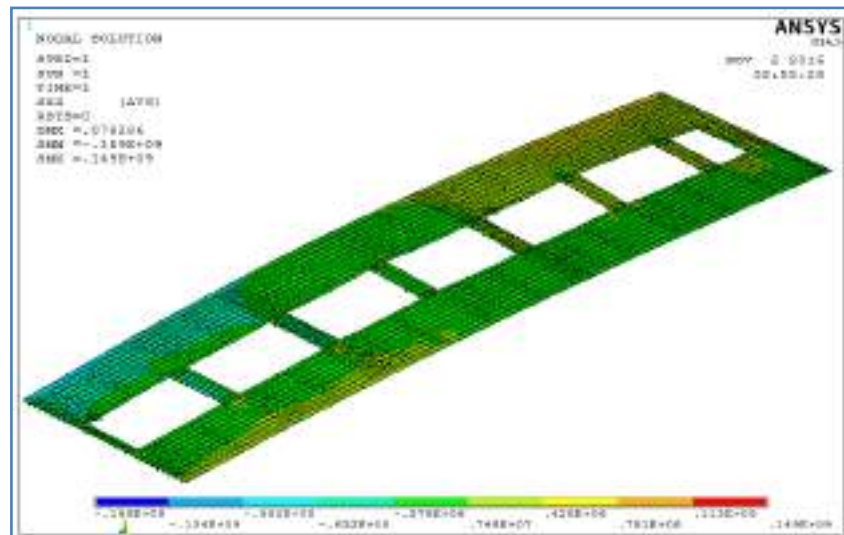
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan alternate block load LC 11.



Gambar V.112 Plot full model

Gambar V.112 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

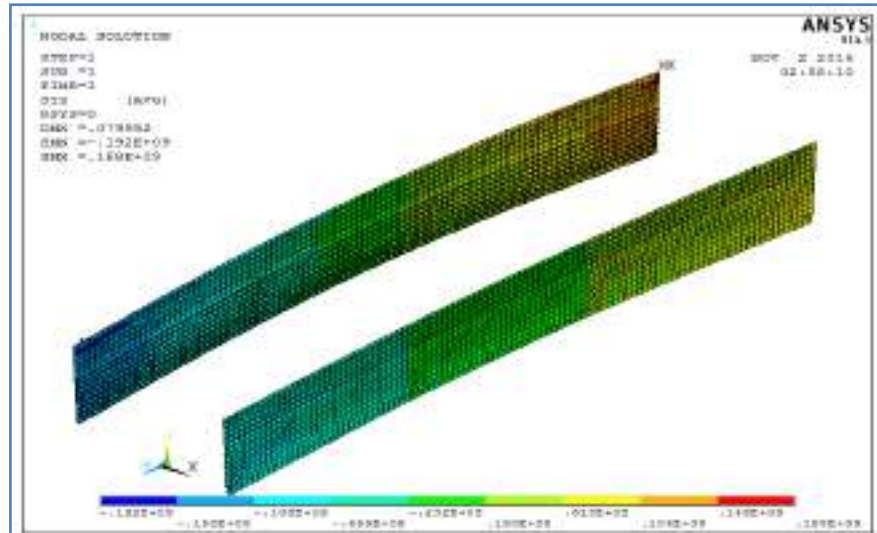
1. Pelat geladak



Gambar V.113 Plot model geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 169 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

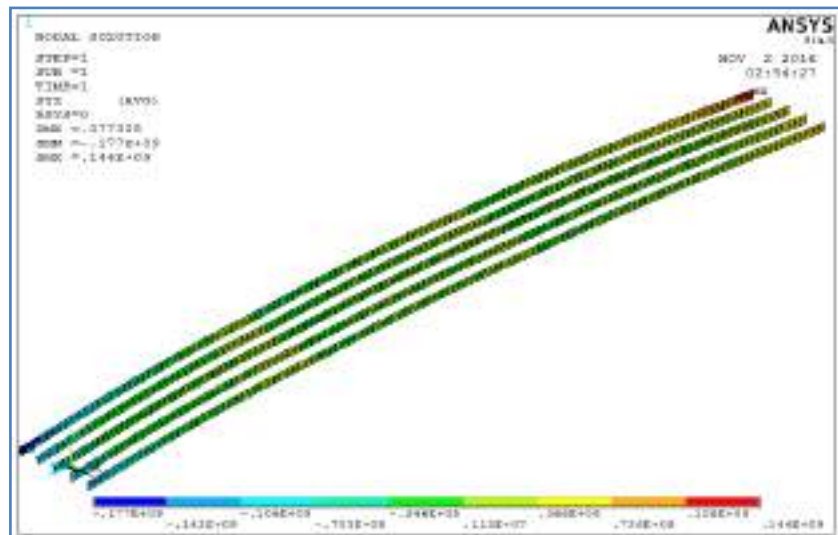
2. Pelat sisi



Gambar V.114 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 192 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi tidak memenuhi kriteria dari CSR.

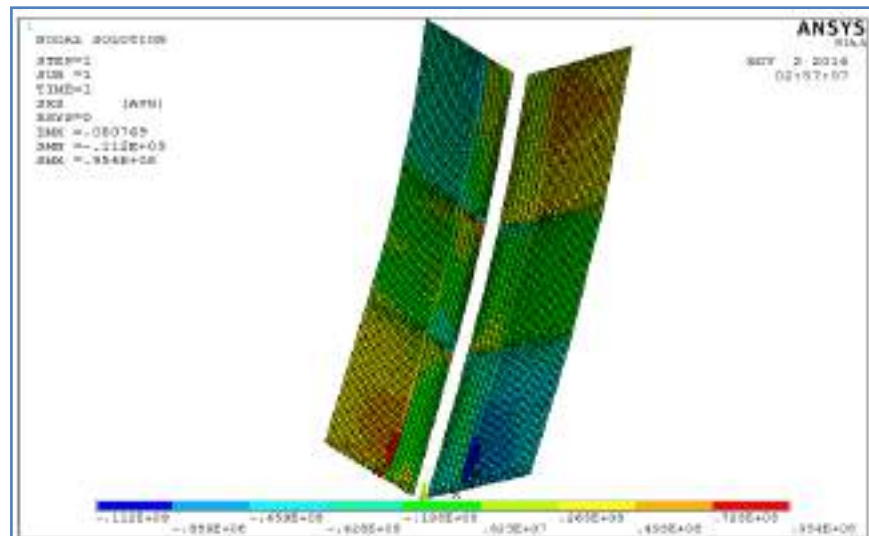
3. Center girder dan side girder



Gambar V.115 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 177 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

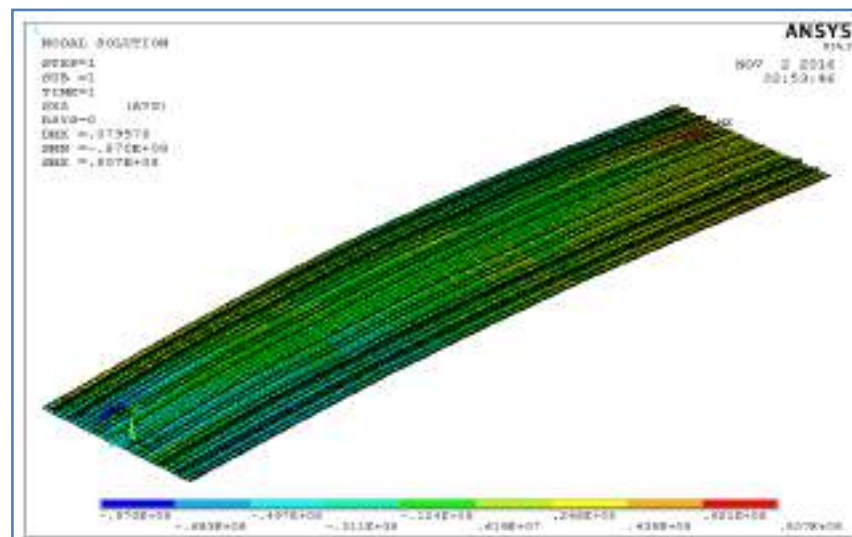
4. Pelat *hopper*



Gambar V.116 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat hopper adalah 112 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.117 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pelat alas adalah 87 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

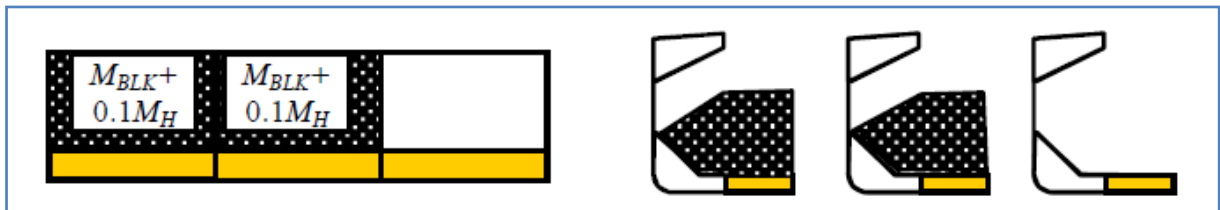
Tabel V.17 Resume tegangan geser LC 11 F2

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	169	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		192	Tidak memenuhi
3	Pelat hopper		112	Memenuhi
4	Center dan side girder		177	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		87	Memenuhi

Tabel V.17 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.17 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak, pelat sisi, dan girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat hopper dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.17. Alternate Block Load (LC 11 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi dengan sesuai dengan muatan desain sedangkan ruang muat 2 dikosongkan.



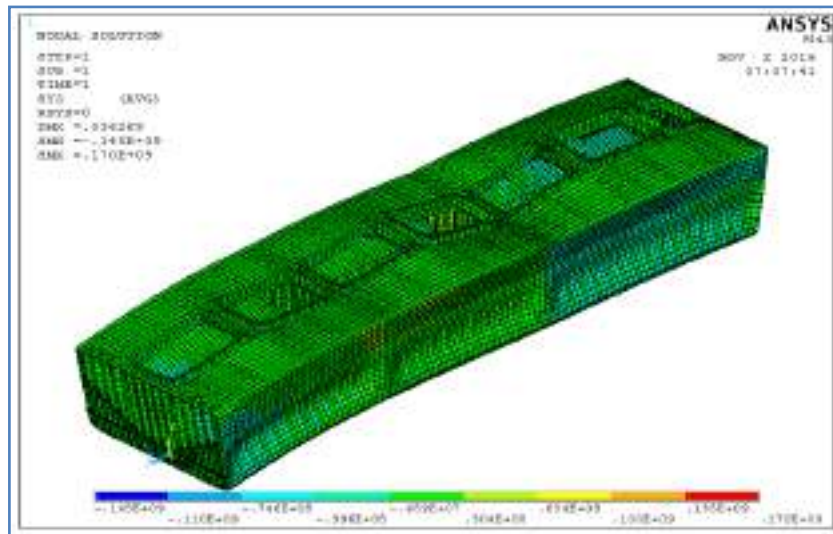
Gambar V.118 Pola pemuatan LC 11 P1

Gambar V.118 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki double bottom (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak, karena pada geladak bulk carrier 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi, karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. Center girder dan side girder, karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper, karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas, karena menerima beban tekanan dari air laut

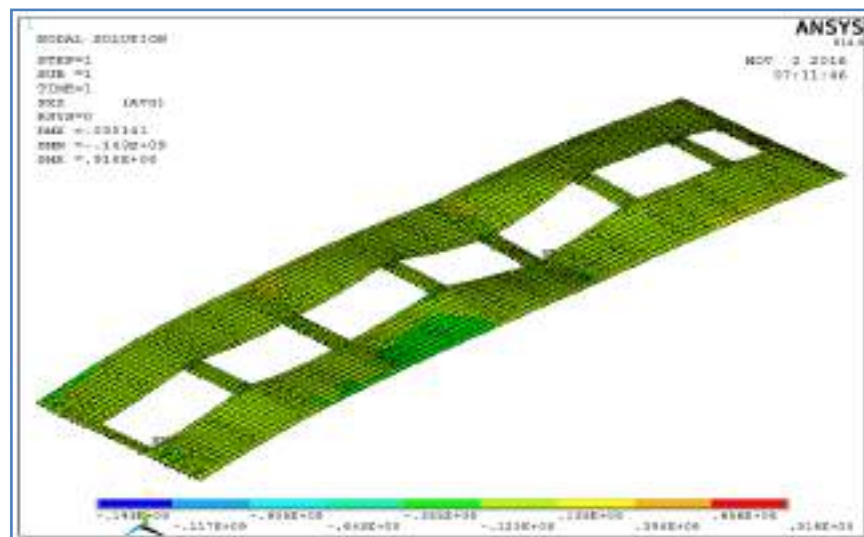
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan alternate block LC 11.



Gambar V.119 Plot full model

Gambar V.119 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

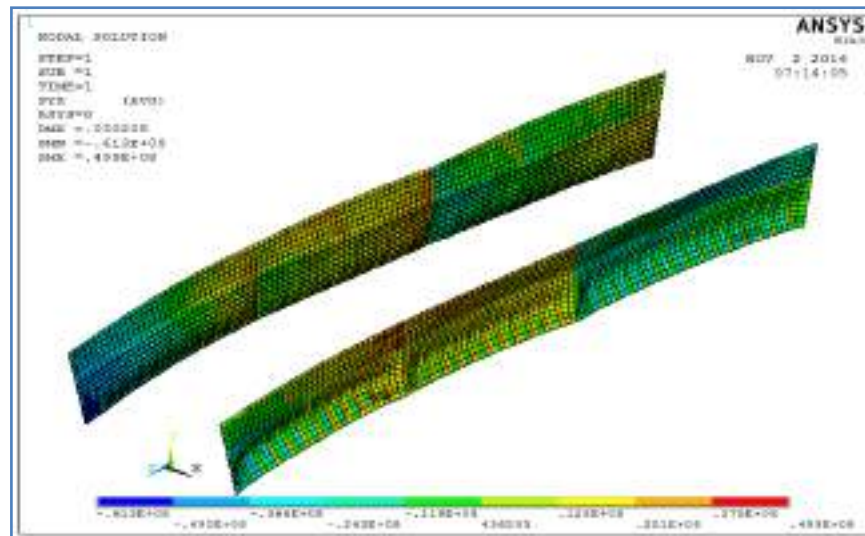
1. Pelat geladak



Gambar V.120 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 143 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

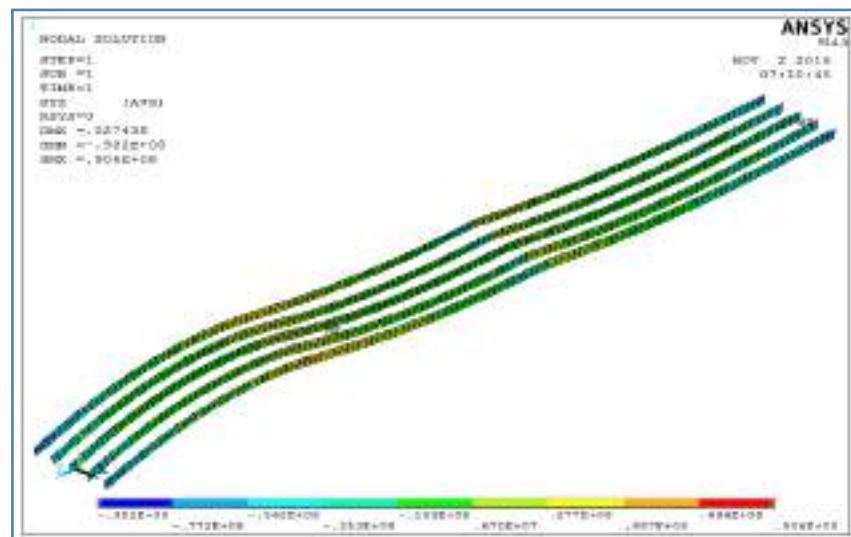
2. Pelat sisi



Gambar V.121 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $61,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

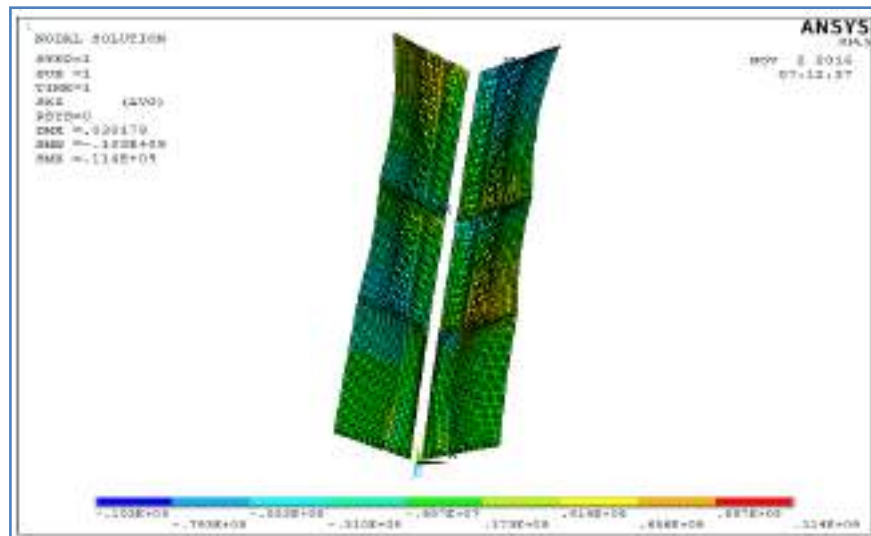
3. Center girder dan side girder



Gambar V.122 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah $98,2 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* memenuhi kriteria dari CSR.

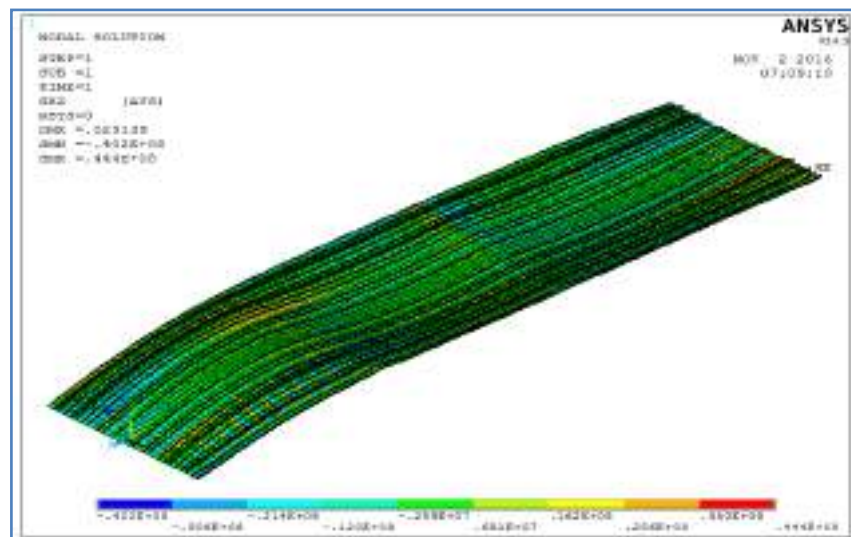
4. Pelat hopper



Gambar V.123 Plot model pelat hopper

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 114 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.124 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $44,4 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

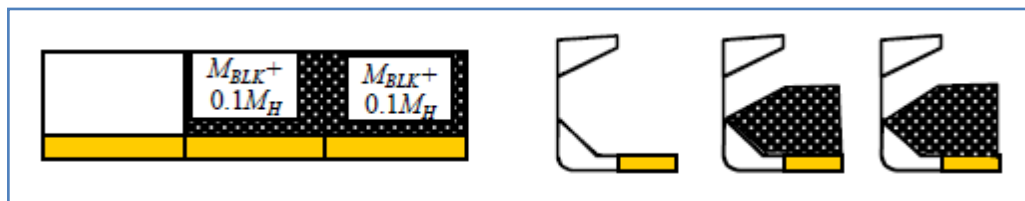
Tabel V.18 Resume tegangan geser LC 11 P1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	143	Memenuhi
2	Pelat sisi		61,3	Memenuhi
3	Pelat hopper		114	Memenuhi
4	Center dan side girder		98,2	Memenuhi
5	Pelat alas		44,4	Memenuhi

Tabel V.18 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.18 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.18. Alternate Block Load (LC 12 H1)

Pada kondisi ini ruang muat 3 dan 2 diisi dengan sesuai dengan muatan desain sedangkan ruang muat 4 dikosongkan.



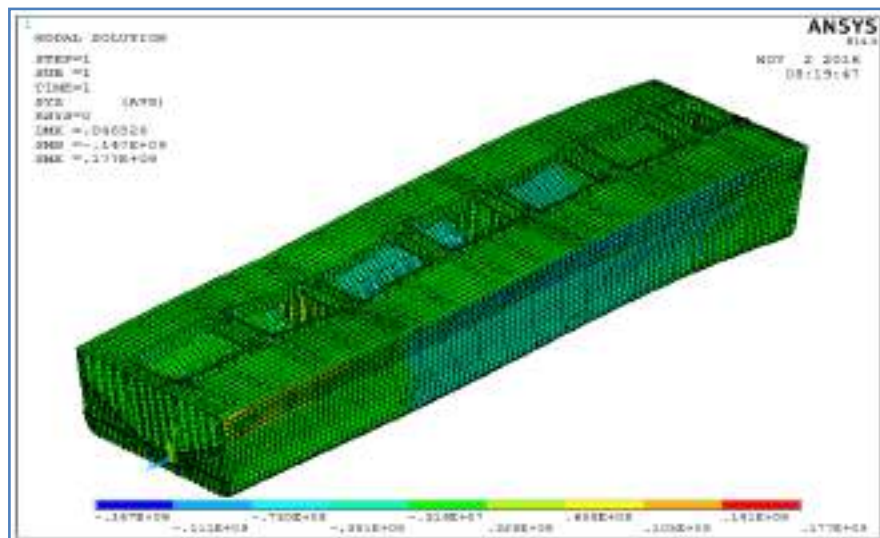
Gambar V.125 Pola pemuatan LC 12 H1

Gambar V.125 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

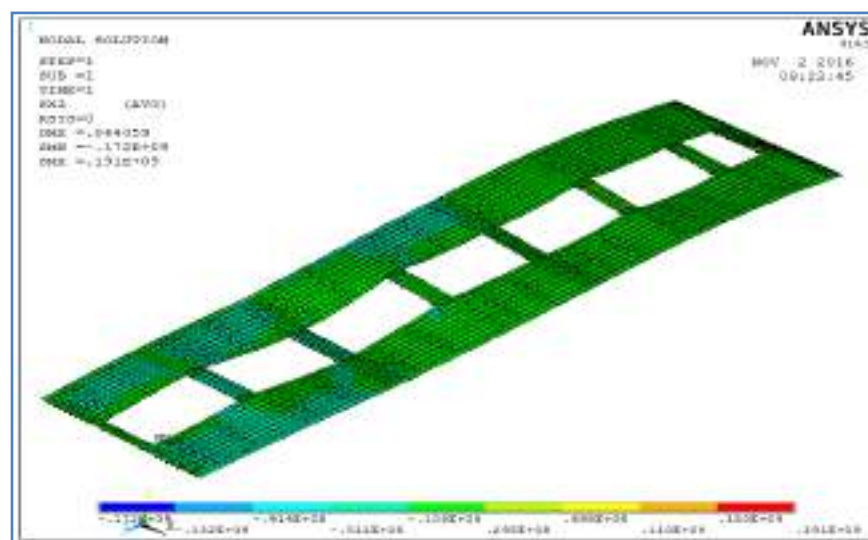
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan alternate block load LC 12.



Gambar V.126 Plot full model

Gambar V.126 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

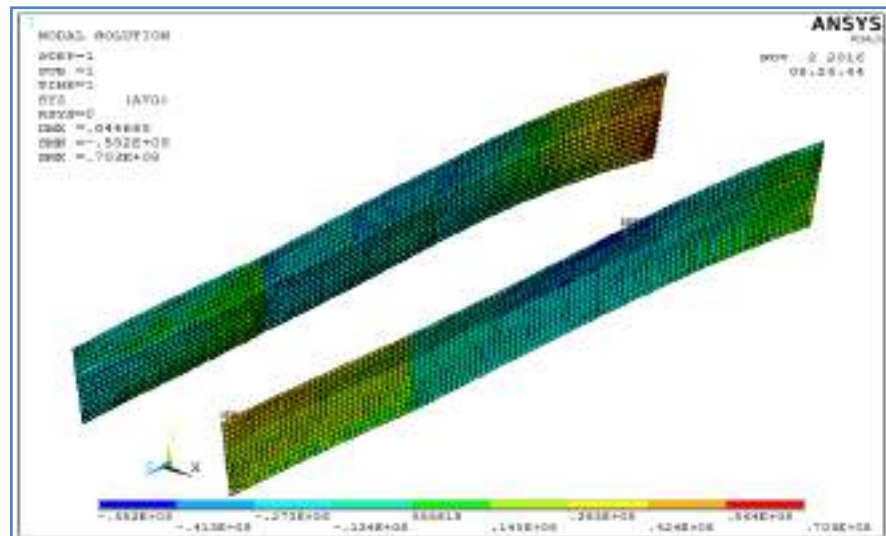
1. Pelat geladak



Gambar V.127 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 191 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

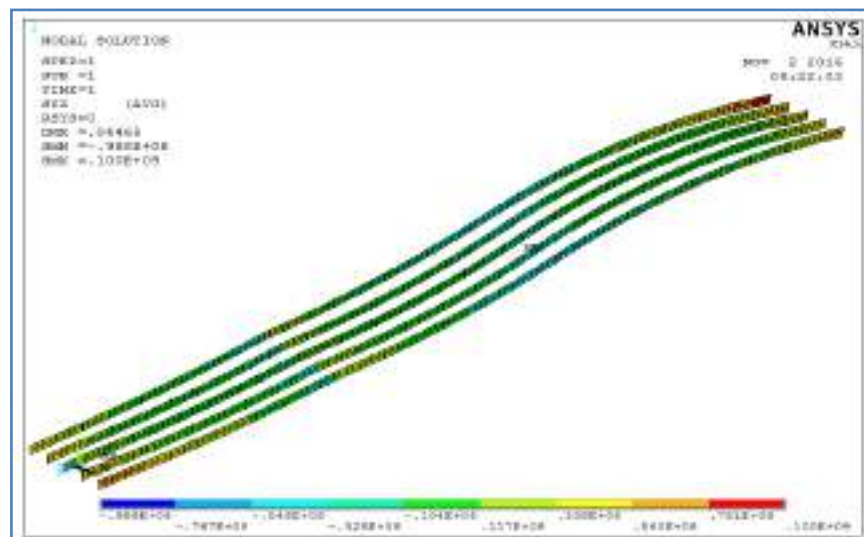
2. Pelat sisi



Gambar V.128 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $70,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat sisi memenuhi kriteria dari CSR.

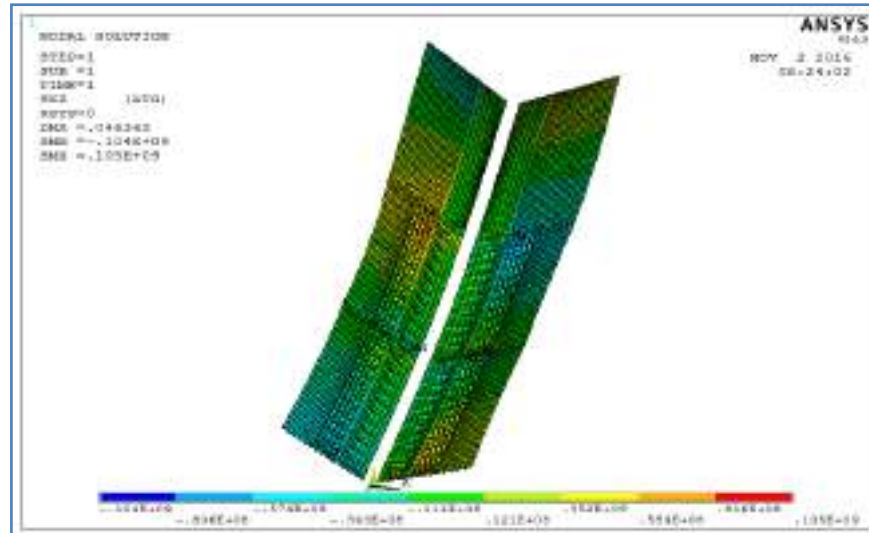
3. Center girder dan side girder



Gambar V.129 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 100 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

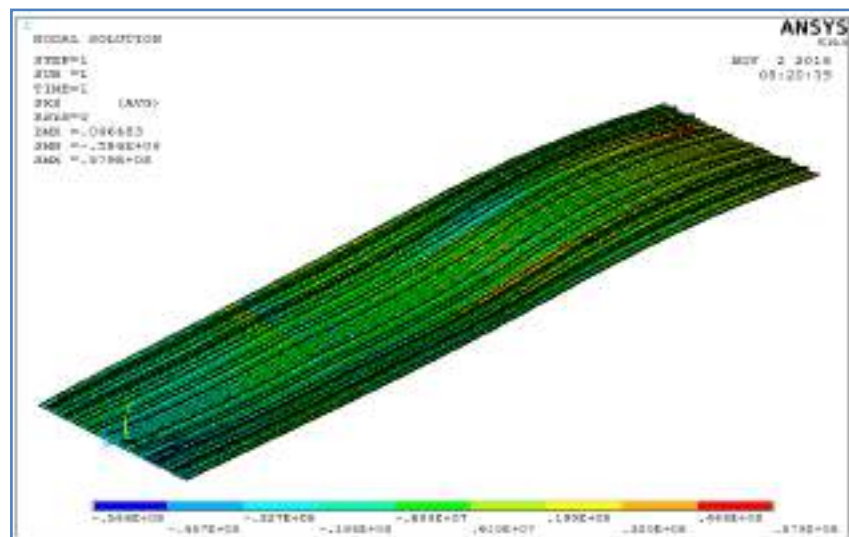
4. Pelat hopper



Gambar V.130 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 105 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.131 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $58,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

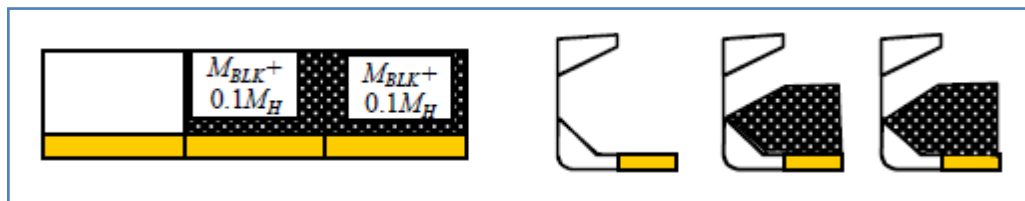
Tabel V.19 Resume tegangan geser LC 12 H1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	191	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		70,3	Memenuhi
3	Pelat hopper		105	Memenuhi
4	Center dan side girder		100	Memenuhi
5	Pelat alas		58,6	Memenuhi

Tabel V.19 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.19 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat sisi, girder, hopper, dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.19. Alternate Block Load (LC 12 F2)

Pada kondisi ini ruang muat 3 dan 2 diisi dengan sesuai dengan muatan desain sedangkan ruang muat 4 dikosongkan.



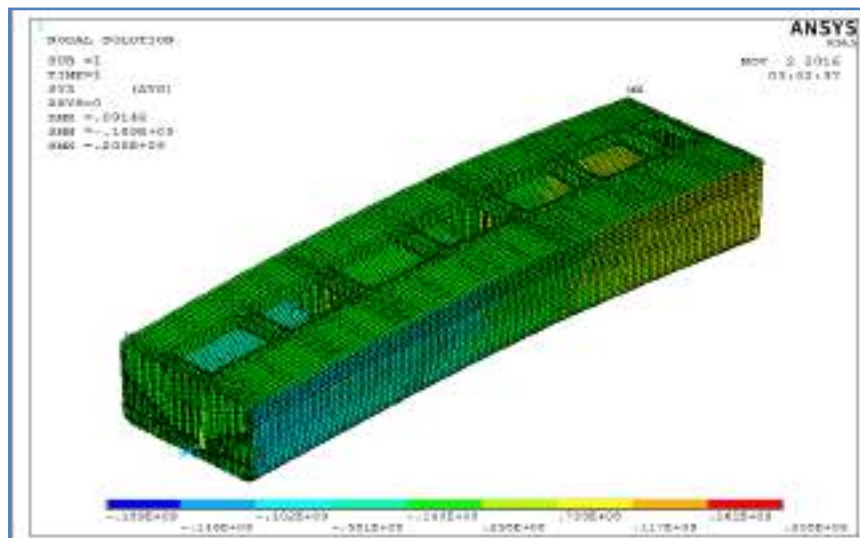
Gambar V.132 Pola pemuatan LC 12 F2

Gambar V.132 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

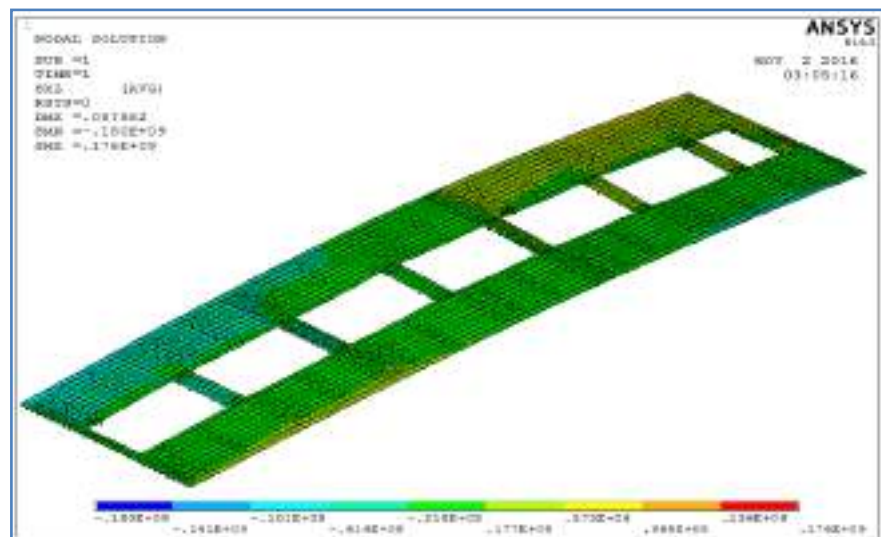
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan alternate block load LC12.



Gambar V.133 Plot full model

Gambar V.133 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

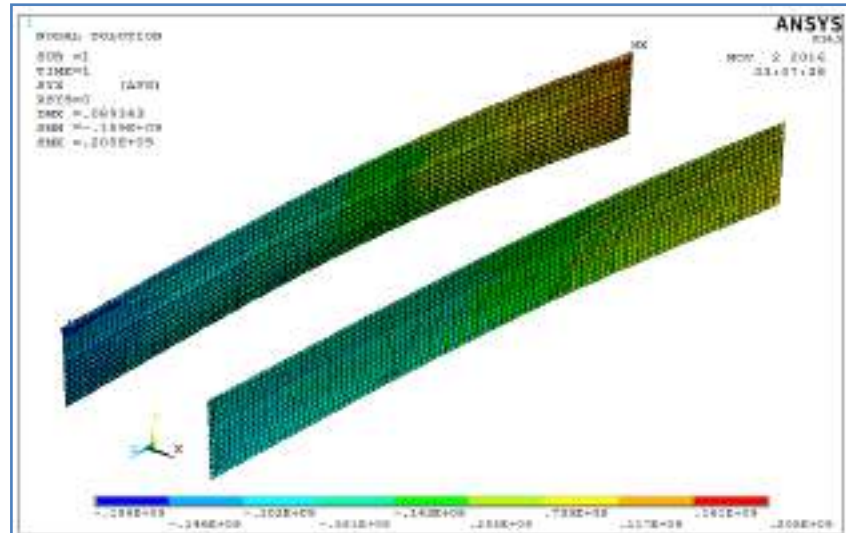
1. Pelat geladak



Gambar V.134 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 180 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

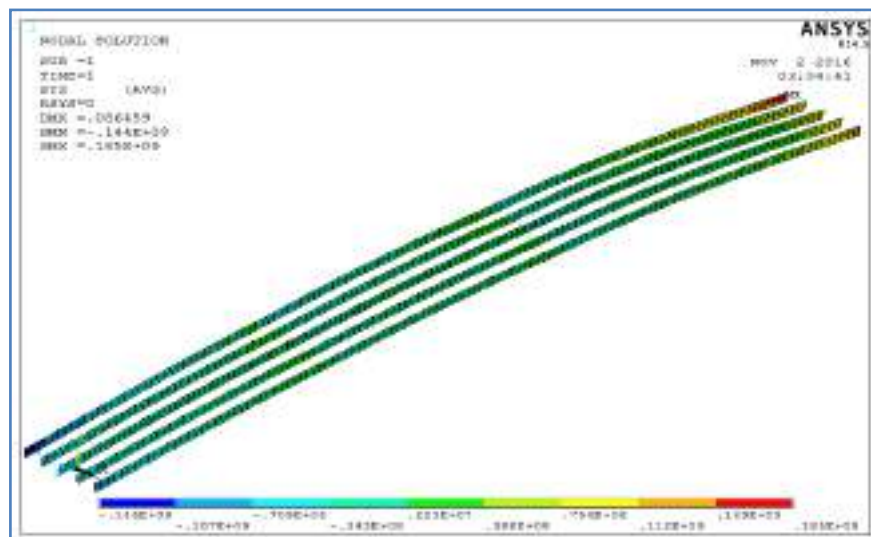
2. Pelat sisi



Gambar V.135 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 205 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi tidak memenuhi kriteria dari CSR.

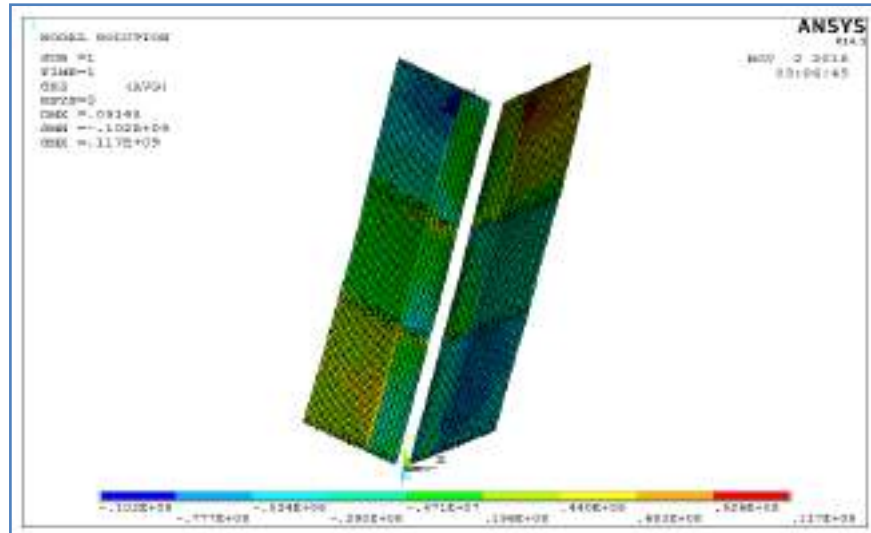
3. Center girder dan side girder



Gambar V.136 Plot model *girder*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah 185 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* tidak memenuhi kriteria dari CSR.

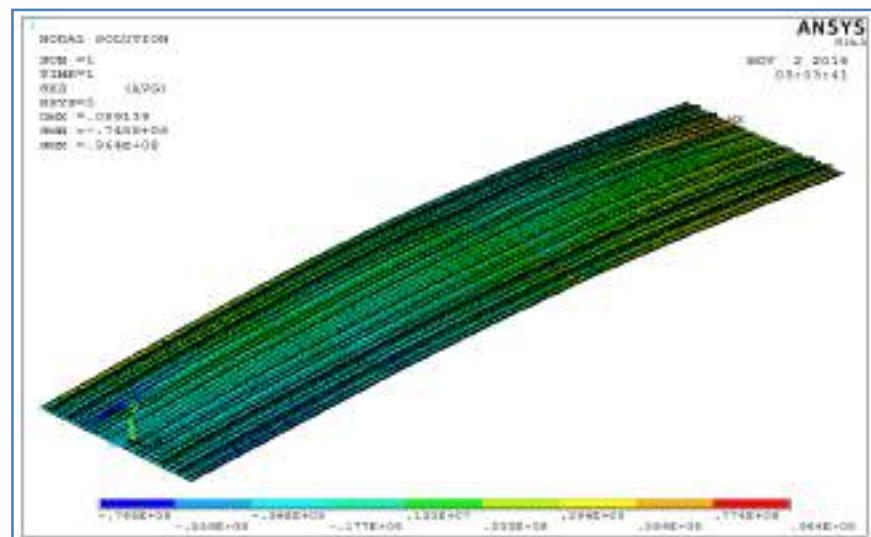
4. Pelat *hopper*



Gambar V.137 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 117 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.138 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $96,4 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

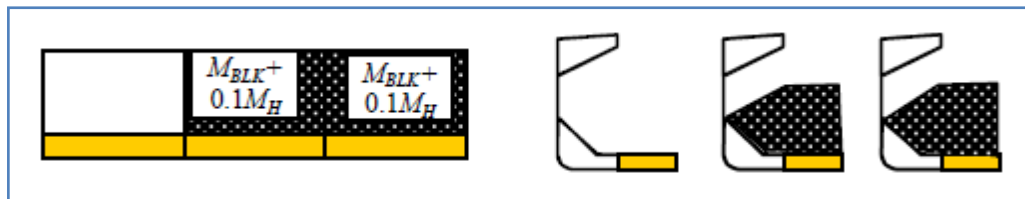
Tabel V.20 Resume tegangan geser LC 12 F2

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	180	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		185	Tidak memenuhi
3	Pelat hopper		117	Memenuhi
4	Center dan side girder		185	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		96,4	Memenuhi

Tabel V.20 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.20 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak, pelat sisi, dan girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat hopper dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.20. Alternate Block Load (LC 12 P1)

Pada kondisi ini ruang muat 3 dan 2 diisi dengan sesuai dengan muatan desain sedangkan ruang muat 4 dikosongkan.



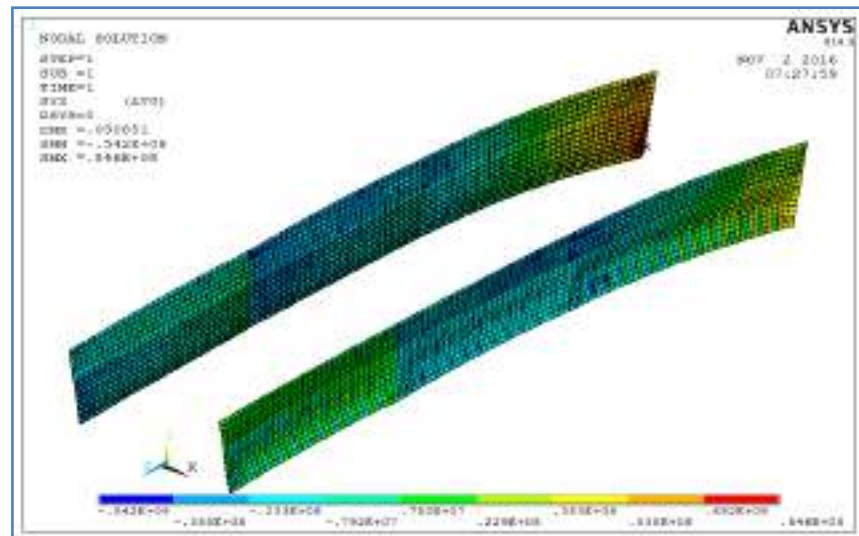
Gambar V.139 Pola pemuatan LC 12 P1

Gambar V.139 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan beban tekanan muatan.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari muatan.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

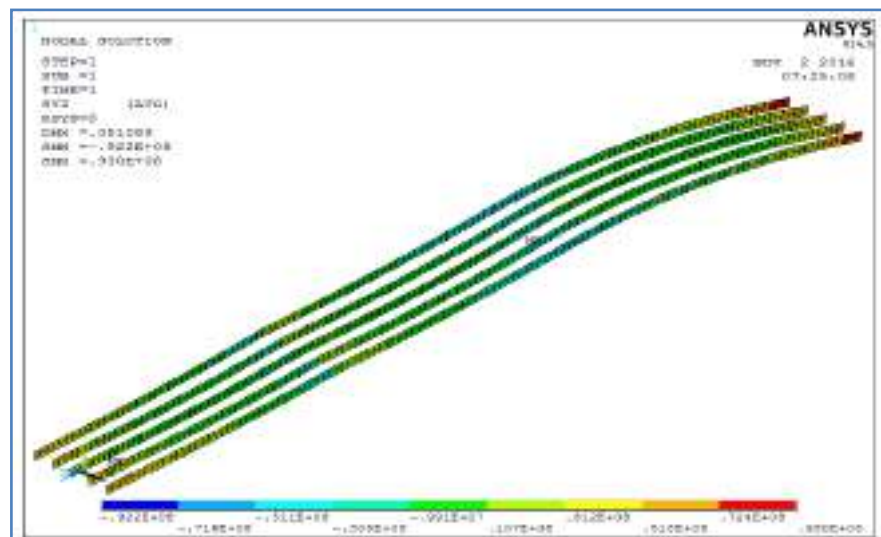
2. Pelat sisi



Gambar V.142 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $84,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

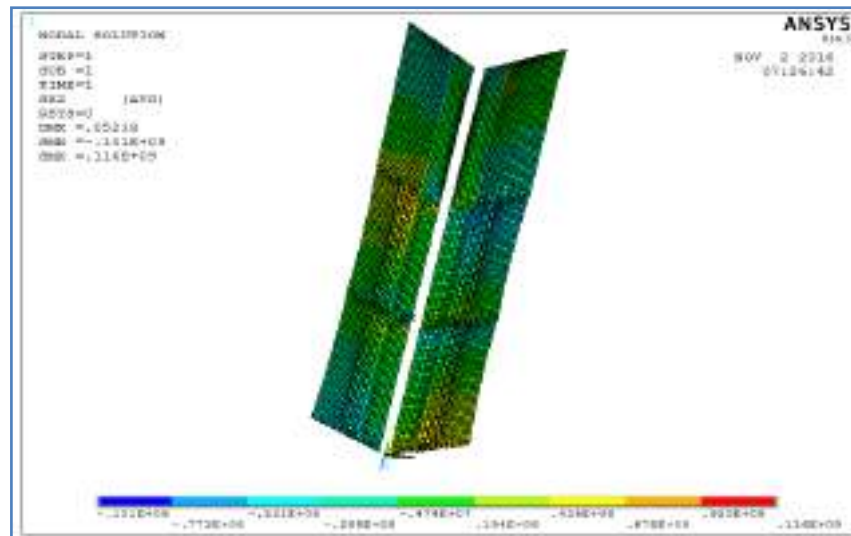
3. Center girder dan side girder



Gambar V.143 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 98 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

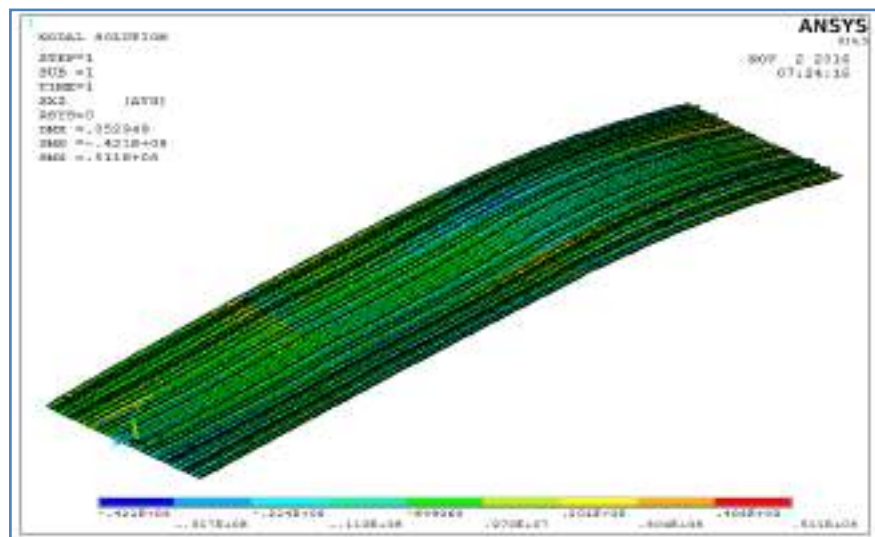
4. Pelat *hopper*



Gambar V.144 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 116 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.145 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah 51,1 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

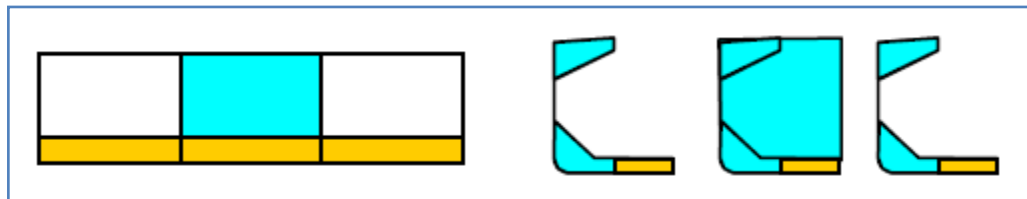
Tabel V.21 Resume tegangan geser LC 12 P1

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	145	Memenuhi
2	Pelat sisi		84,6	Memenuhi
3	Pelat hopper		116	Memenuhi
4	Center dan side girder		98	Memenuhi
5	Pelat alas		51,1	Memenuhi

Tabel V.21 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.2I dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.21. Heavy Ballast (LC 13)

Pada kondisi ini salah satu ruang muat diisi ballast penuh sedangkan yang lain dikosongkan.



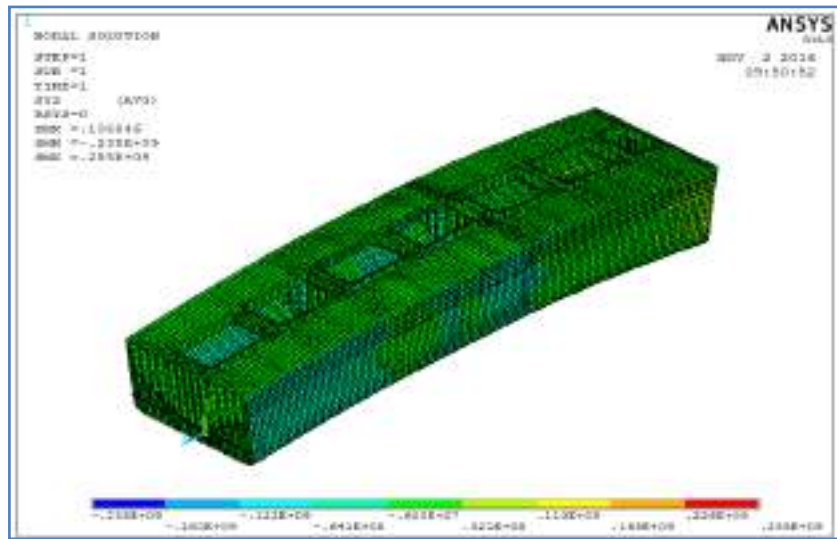
Gambar V.146 Pola pemuatan LC 13

Gambar V.146 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana satu ruang muat diisi air ballast sedangkan yang lain dikosongkan.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

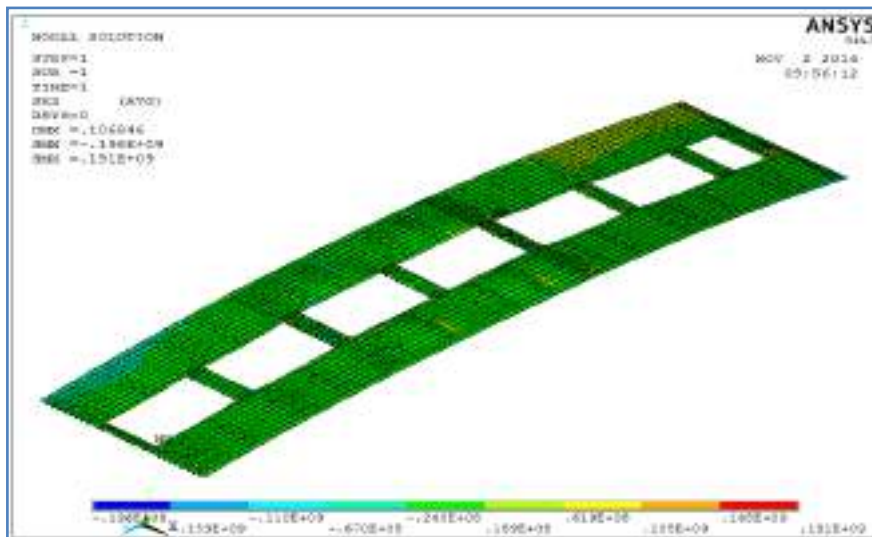
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi heavy ballast LC 13.



Gambar V.147 Plot full model

Gambar V.14 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

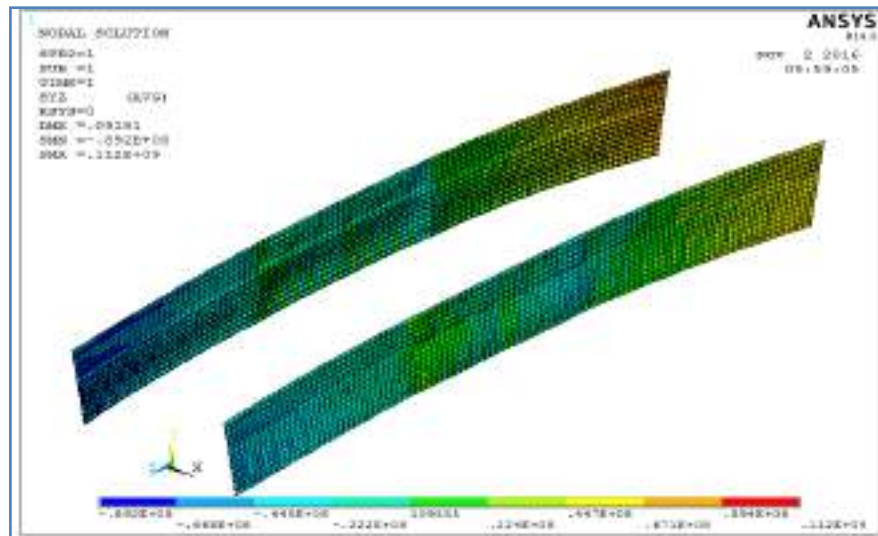
1. Pelat geladak



Gambar V.148 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 196 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak tidak memenuhi kriteria dari CSR.

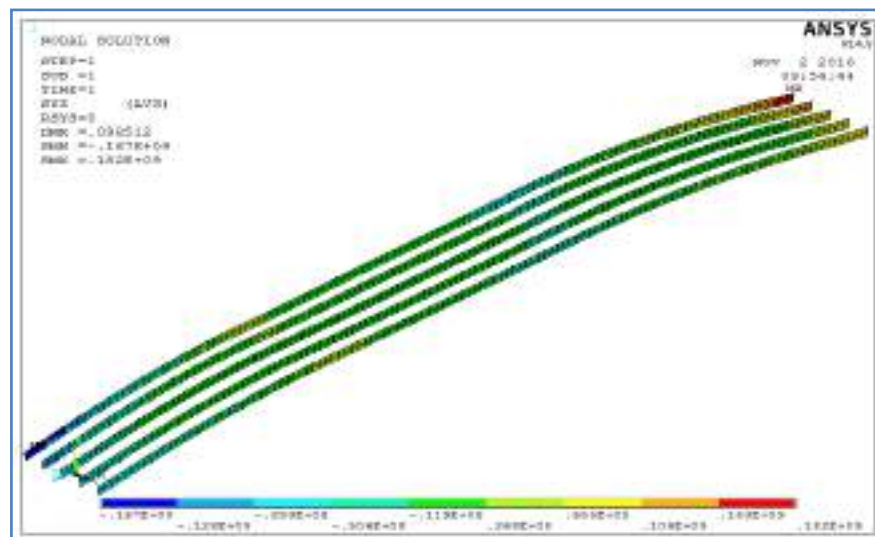
2. Pelat sisi



Gambar V.149 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 112 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

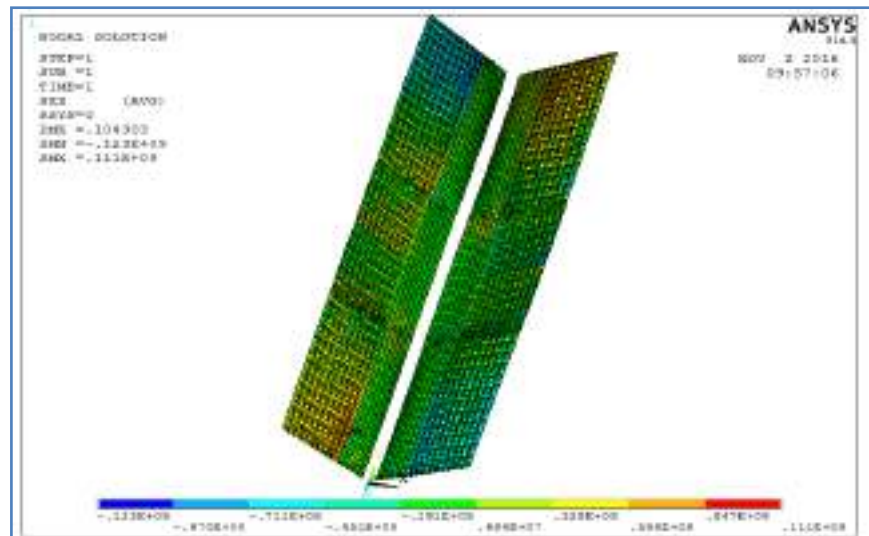
3. Center girder dan side girder



Gambar V.150 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 182 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

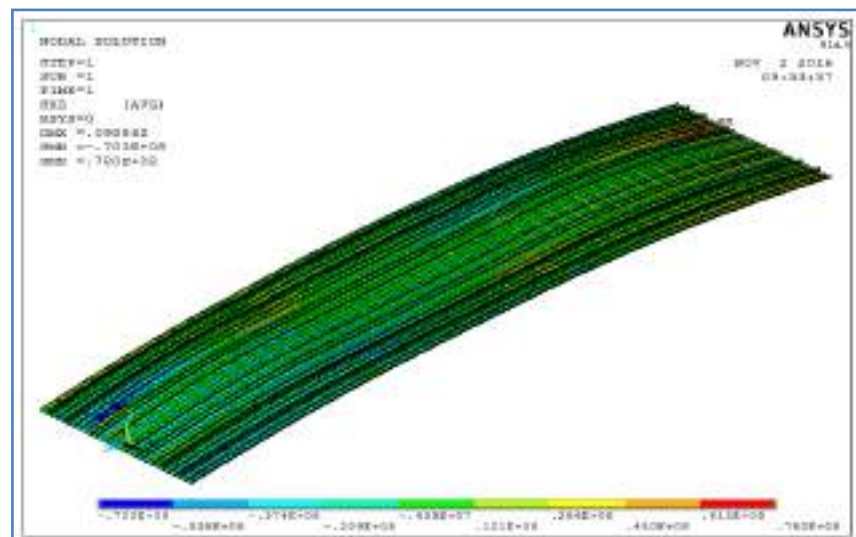
4. Pelat *hopper*



Gambar V.151 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 123 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.152 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah 78 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

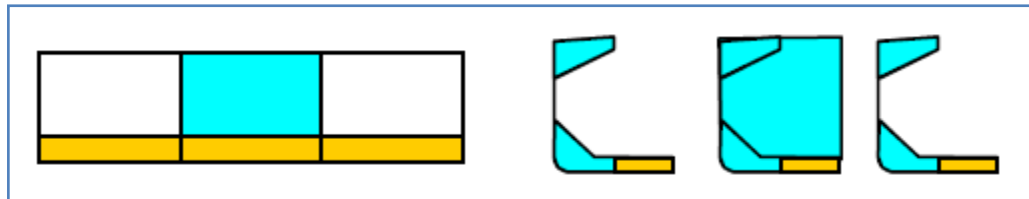
Tabel V.22 Resume tegangan geser LC 13

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	196	Tidak memenuhi
2	Pelat sisi		112	Memenuhi
3	Pelat hopper		123	Memenuhi
4	Center dan side girder		182	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		78	Memenuhi

Tabel V.22 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.22 dapat diketahui bahwa pada pelat geladak dan girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat hopper, pelat sisi dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.22. Heavy Ballast (LC13)

Pada kondisi ini salah satu ruang muat diisi ballast penuh sedangkan yang lain dikosongkan.



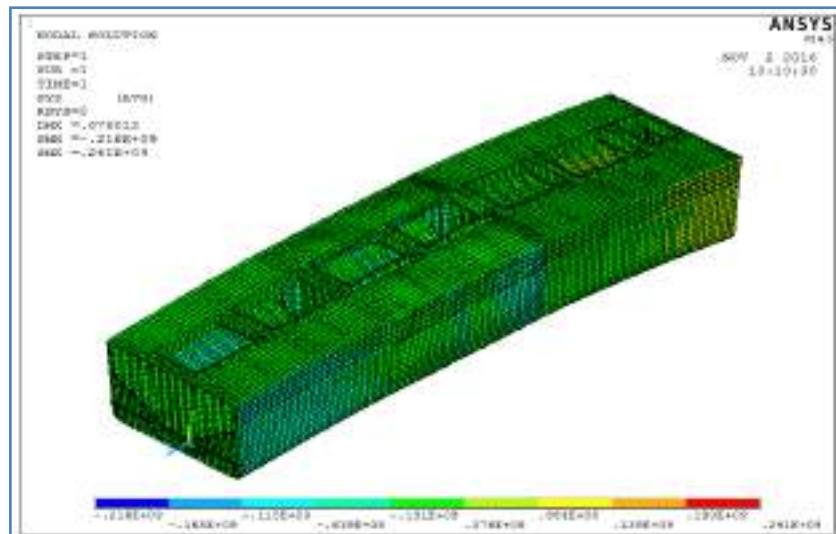
Gambar V.153 Pola pemuatan LC 13

Gambar V.153 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana satu ruang muat diisi air ballast sedangkan yang lain dikosongkan.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

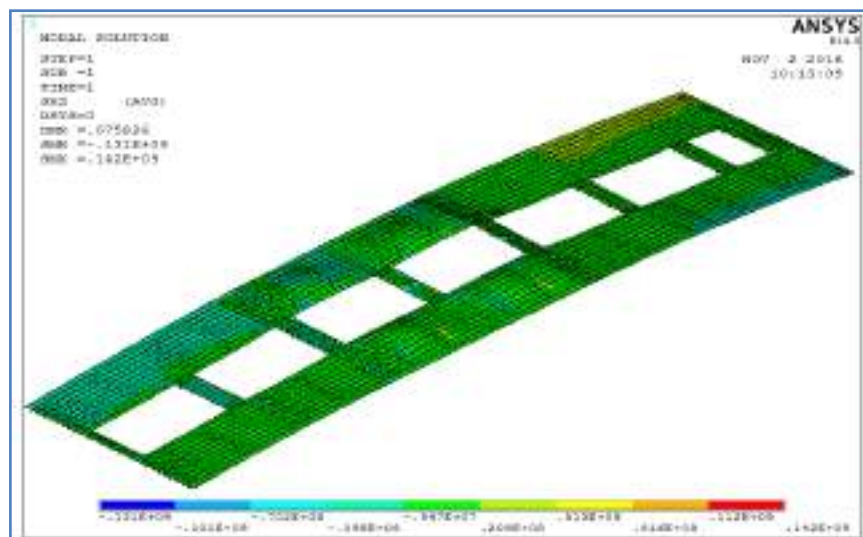
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi LC 13.



Gambar V.154 Plot full model

Gambar V.154 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

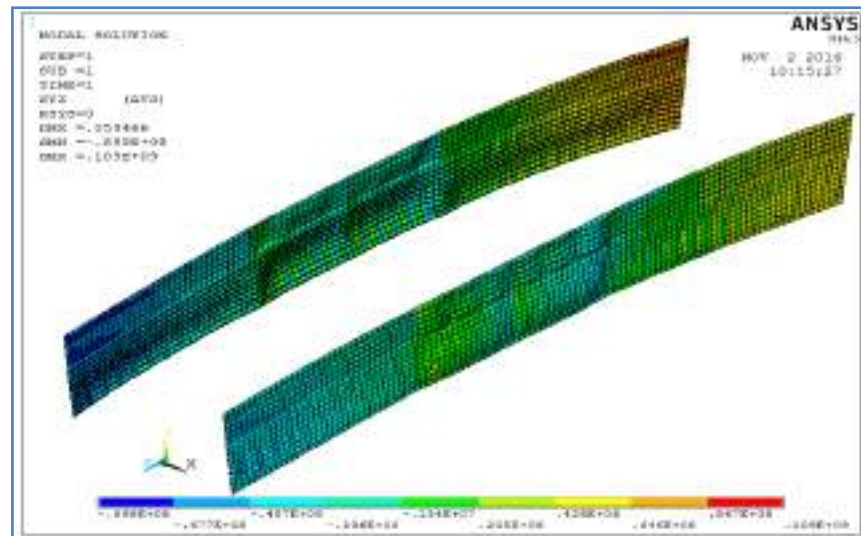
1. Pelat geladak



Gambar V.155 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 142 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

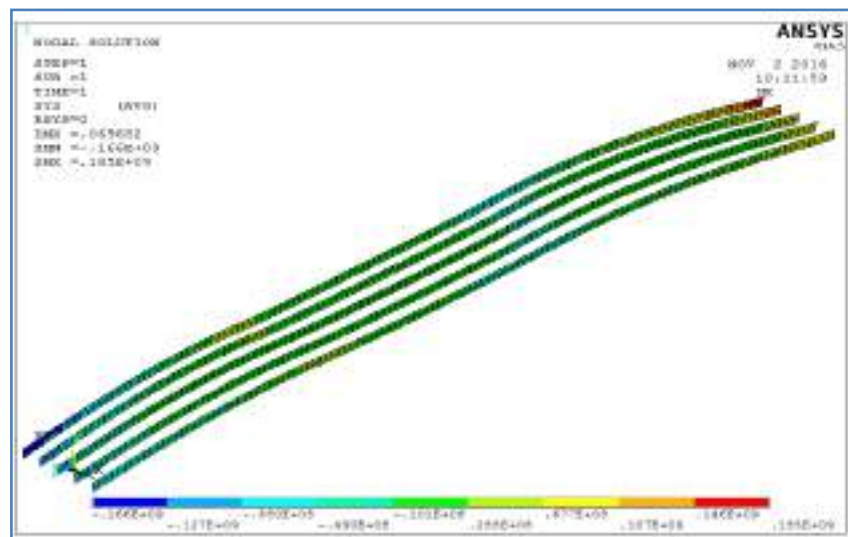
2. Pelat sisi



Gambar V.156 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 109 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

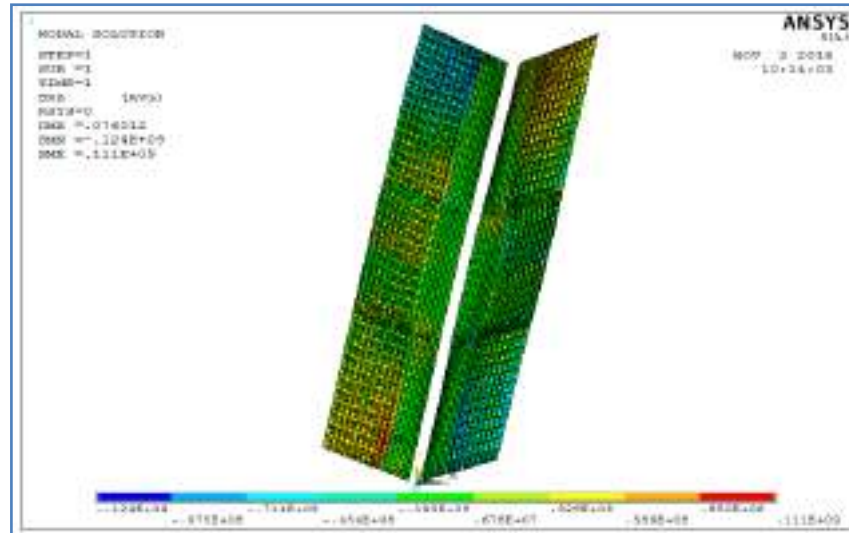
3. Center girder dan side girder



Gambar V.157 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 185 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

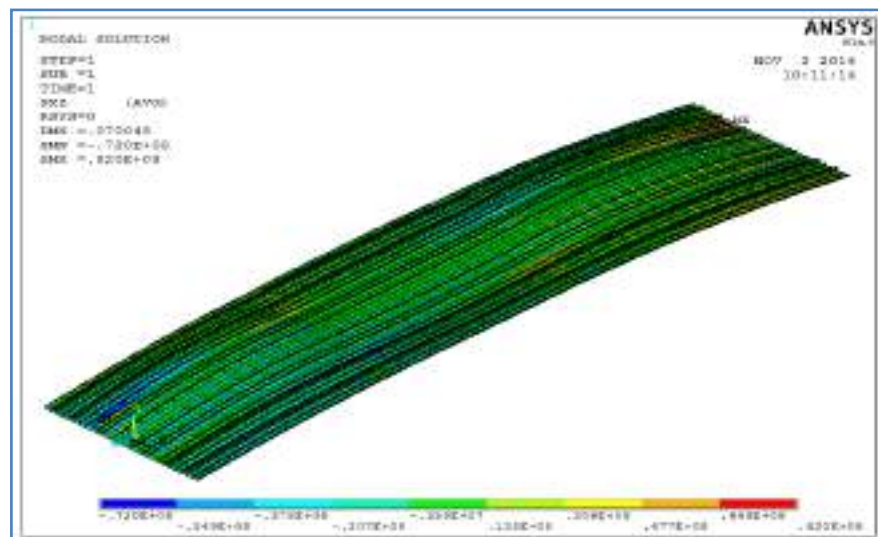
4. Pelat *hopper*



Gambar V.158 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 124 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.159 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah 72 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

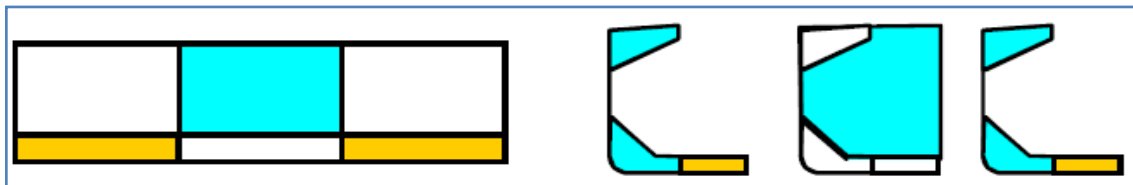
Tabel V.23 Resume tegangan geser LC 13

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	142	Memenuhi
2	Pelat sisi		109	Memenuhi
3	Pelat hopper		124	Memenuhi
4	Center dan side girder		185	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		72	Memenuhi

Tabel V.23 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.23 dapat diketahui bahwa pada girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat geladak, pelat hopper, pelat sisi dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.23. Heavy Ballast (LC 14)

Pada kondisi ini salah satu ruang muat diisi air ballast sedangkan yang lain dikosongkan



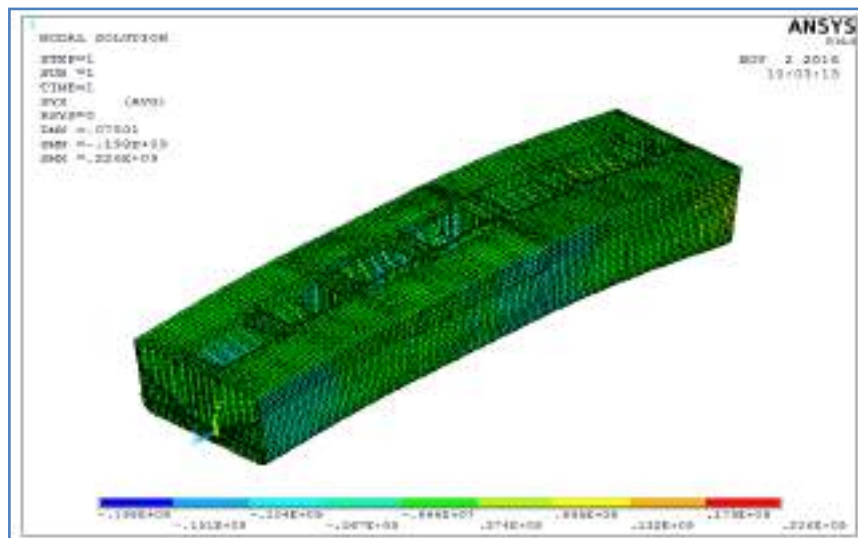
Gambar V.160 Pola pemuatan LC 14

Gambar V.160 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana satu ruang muat diisi air ballast dan yang lain dikosongkan.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

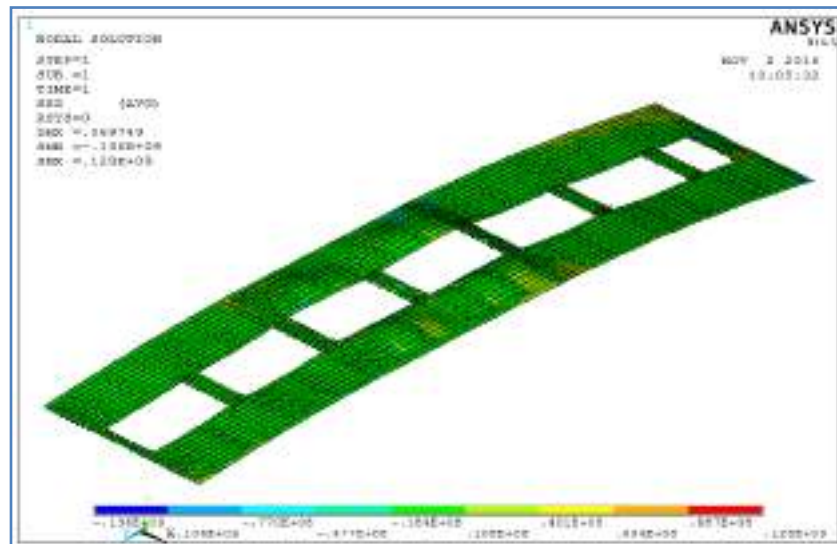
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi heavy ballast LC14.



Gambar V.161 Plot full model

Gambar V.161 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

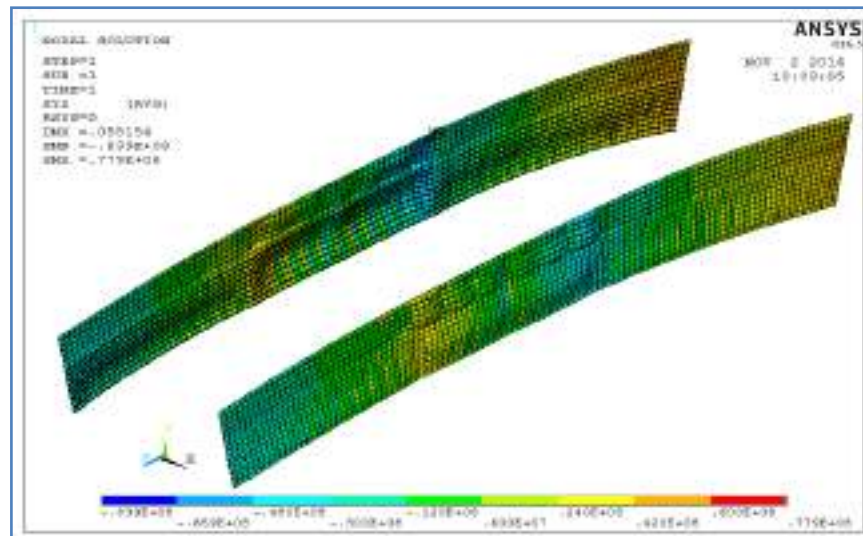
1. Pelat geladak



Gambar V.162 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 136 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

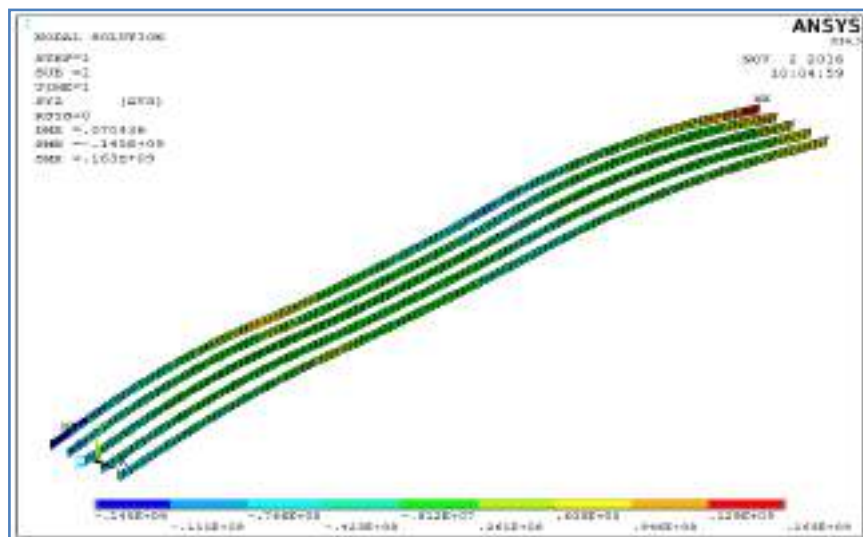
2. Pelat sisi



Gambar V.163 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 83,9 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

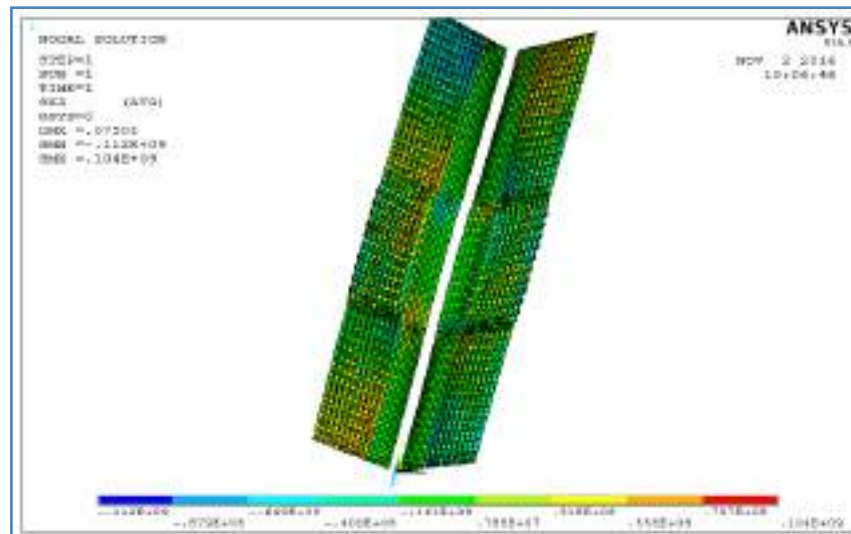
3. Center girder dan side girder



Gambar V.164 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 163 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

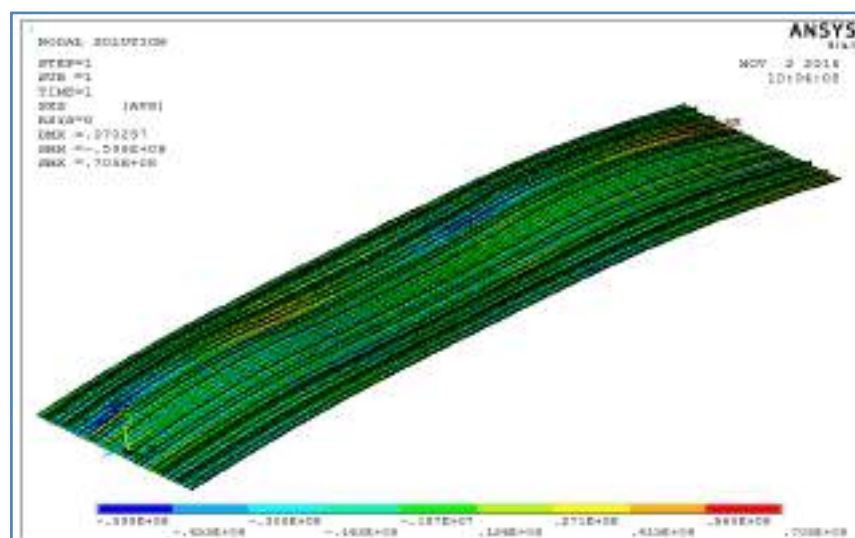
4. Pelat *hopper*



Gambar V.165 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 112 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.166 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $70,5 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

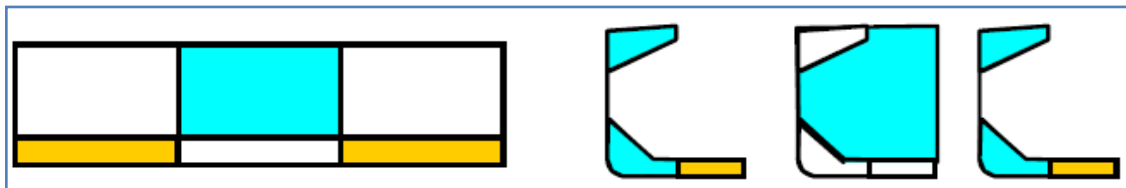
Tabel V.24 Resume tegangan LC 14

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	136	Memenuhi
2	Pelat sisi		83,9	Memenuhi
3	Pelat hopper		112	Memenuhi
4	Center dan side girder		163	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		70,5	Memenuhi

Tabel V.24 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.24 dapat diketahui bahwa pada girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat geladak, pelat hopper, pelat sisi dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.24. Heavy Ballast (LC 14)

Pada kondisi ini salah satu ruang muat diisi air ballast sedangkan yang lain dikosongkan.



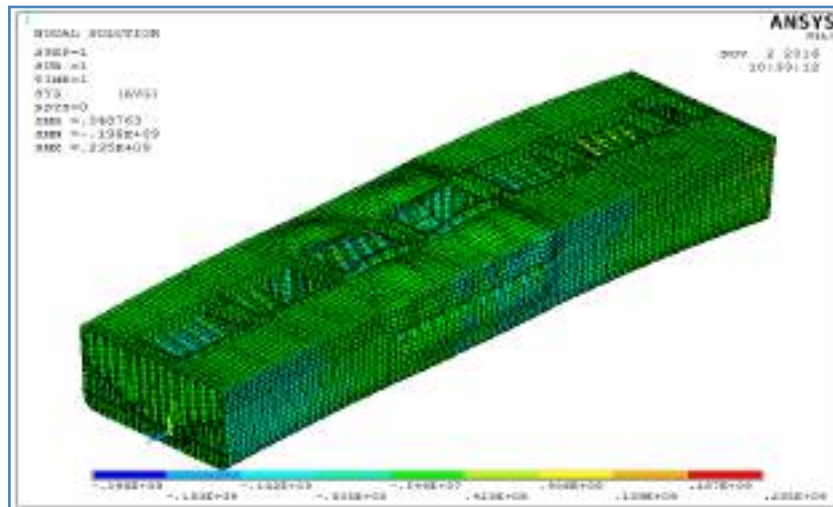
Gambar V.167 Pola pemuatan LC 14

Gambar V.167 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana satu ruang muat diisi air ballast dan yang lain dikosongkan.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak bulk carrier 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. Center girder dan side girder karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

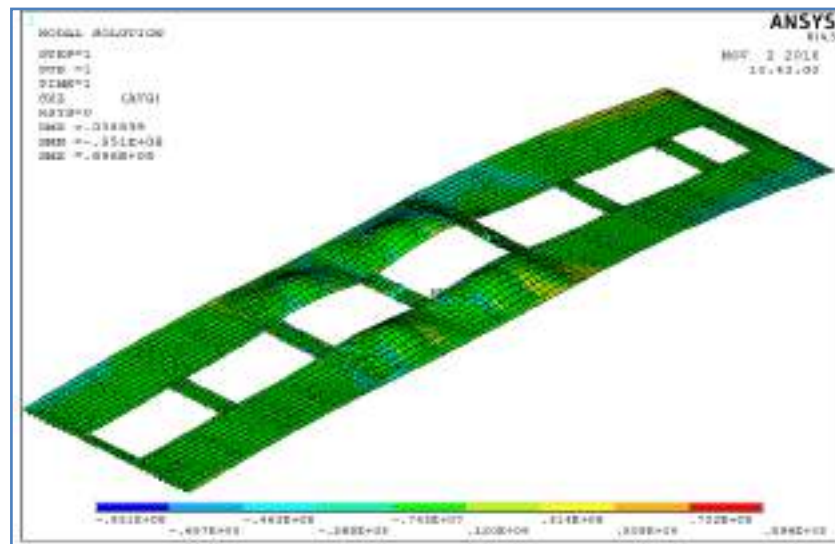
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi heavy ballast
LC 14



Gambar V.168 Plot full model

Gambar V.168 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

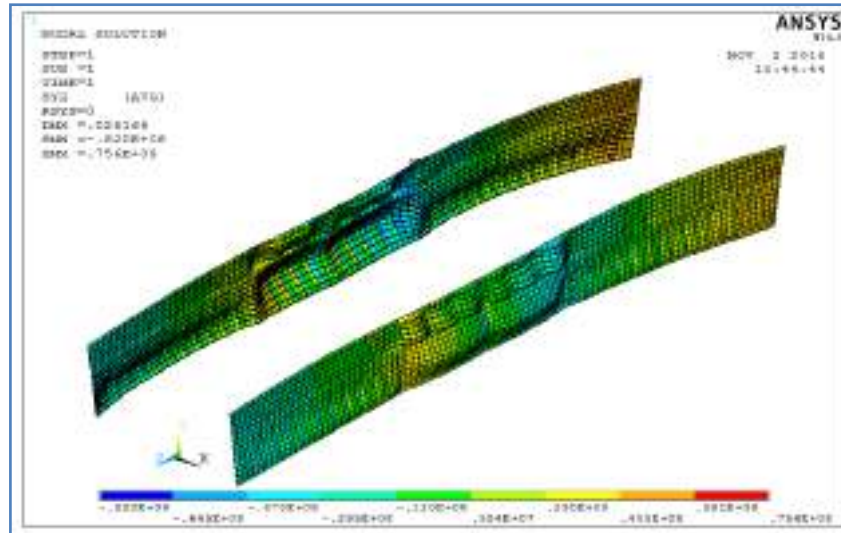
1. Pelat geladak



Gambar V.169 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 89,6 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm^2 . Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

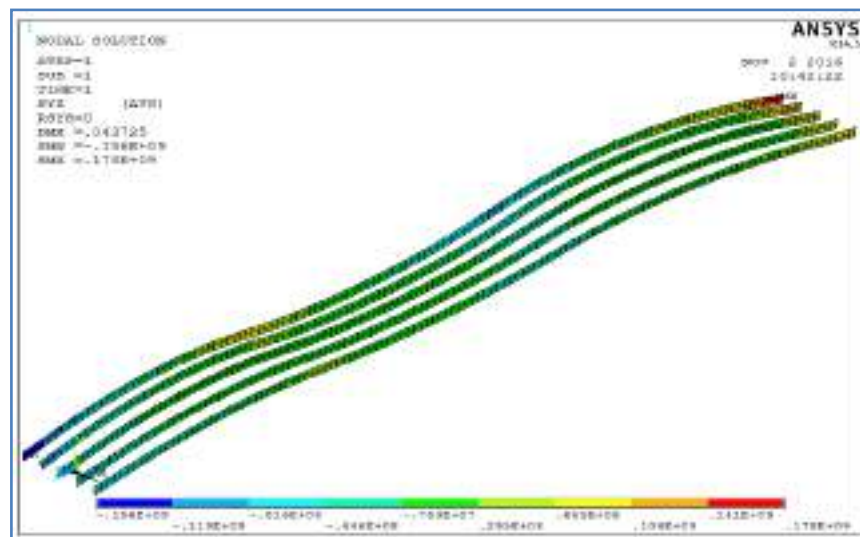
2. Pelat sisi



Gambar V.170 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 82 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

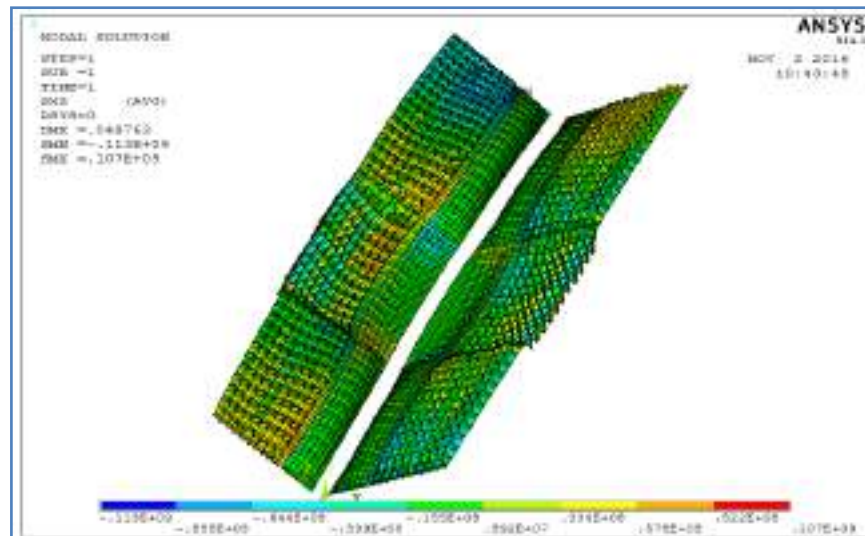
3. Center girder dan side girder



Gambar V.171 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah 175 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder tidak memenuhi kriteria dari CSR.

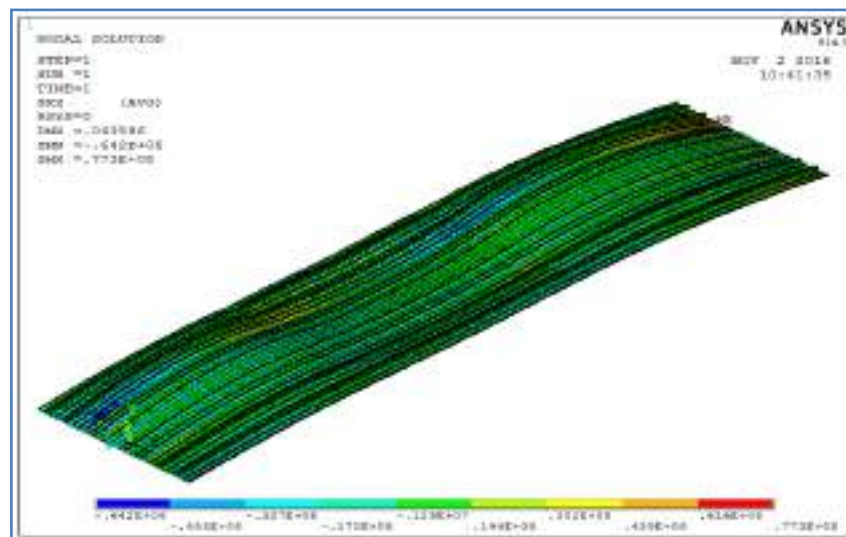
4. Pelat *hopper*



Gambar V.172 Plot model *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 113 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.173 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $77,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

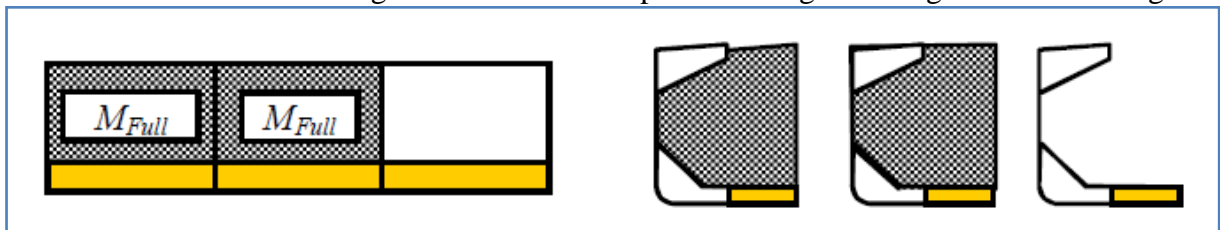
Tabel V.25 Resume tegangan geser LC 14

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	89,6	Memenuhi
2	Pelat sisi		82	Memenuhi
3	Pelat hopper		113	Memenuhi
4	Center dan side girder		175	Tidak memenuhi
5	Pelat alas		77,3	Memenuhi

Tabel V.9 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.8 dapat diketahui bahwa pada girder tidak memenuhi kriteria CSR, sedangkan untuk pelat geladak, pelat hopper, pelat sisi dan pelat alas memenuhi kriteria CSR.

V.3.25. Harbour Condition (LC 15 1)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi penuh sedangkan ruang muat 2 dikosongkan



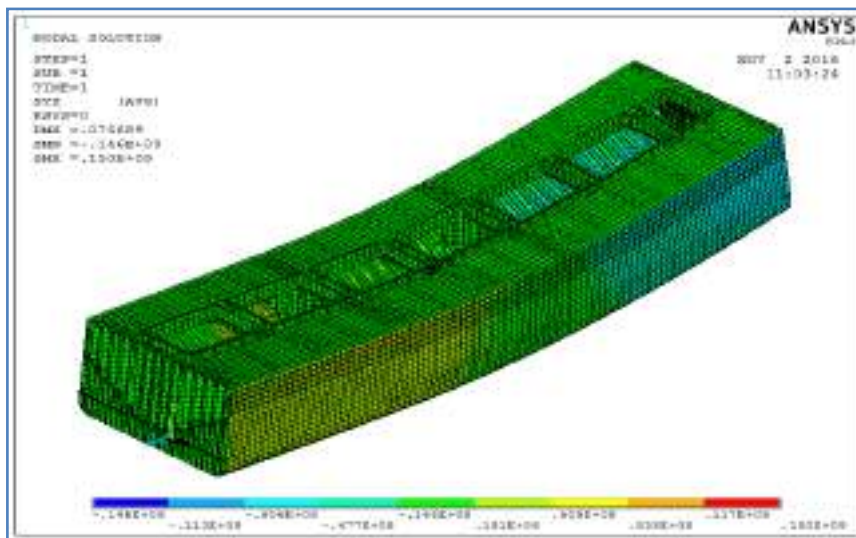
Gambar V.174 Pola pemuatan LC 15

Gambar V.174 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak bulk carrier 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. Center girder dan side girder karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

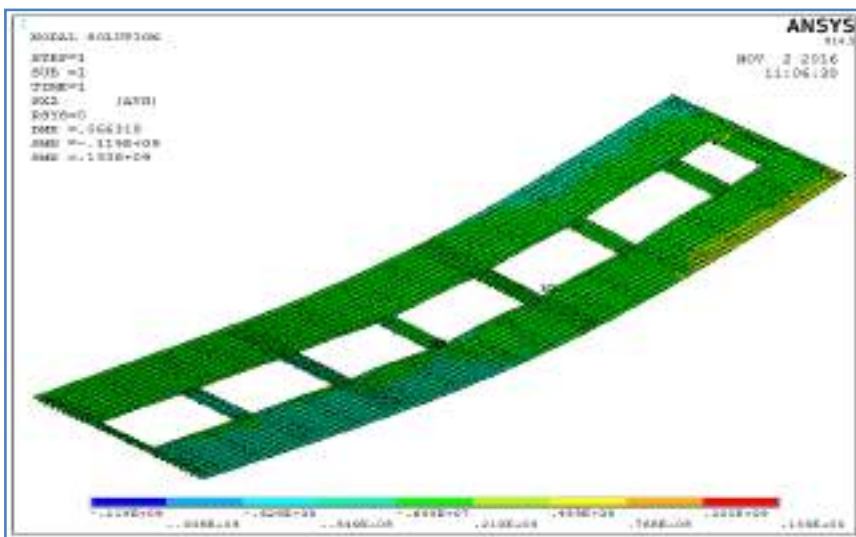
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan heavy ballast LC 15.



Gambar V.175 Plot full model

Gambar V.14 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

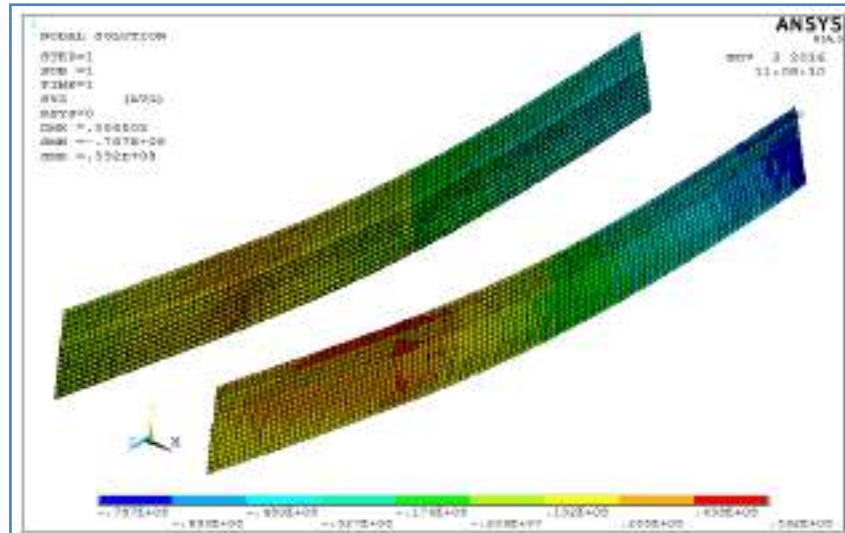
1. Pelat geladak



Gambar V.176 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 119 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

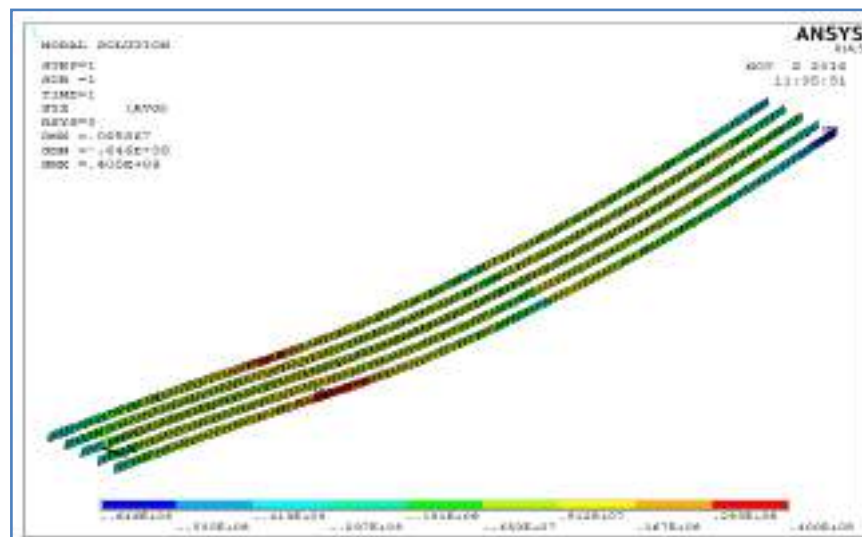
2. Pelat sisi



Gambar V.177 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah $78,7 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

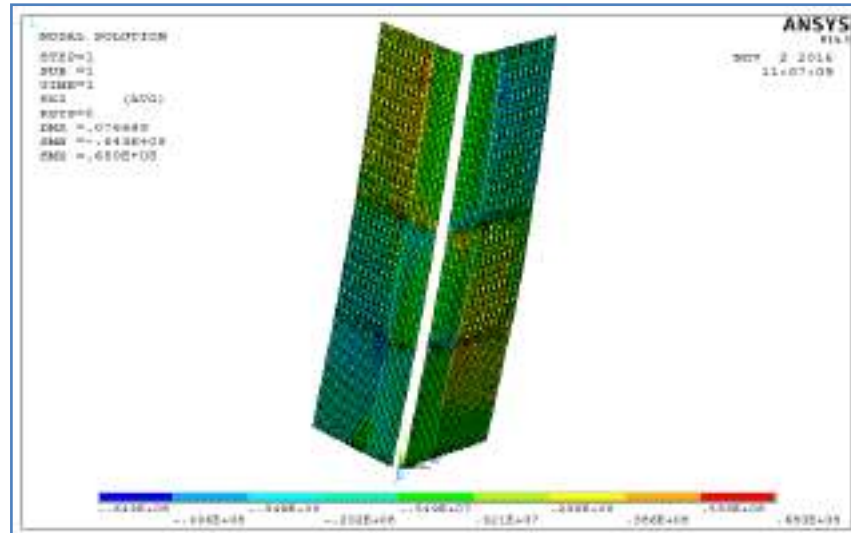
3. Center girder dan side girder



Gambar V.178 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $64,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

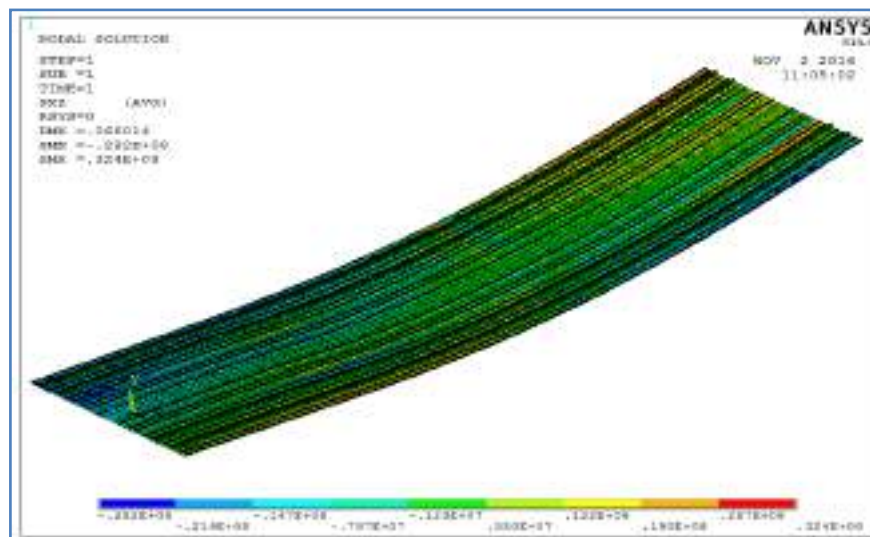
4. Pelat *hopper*



Gambar V.179 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 68 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.180 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $32,4 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

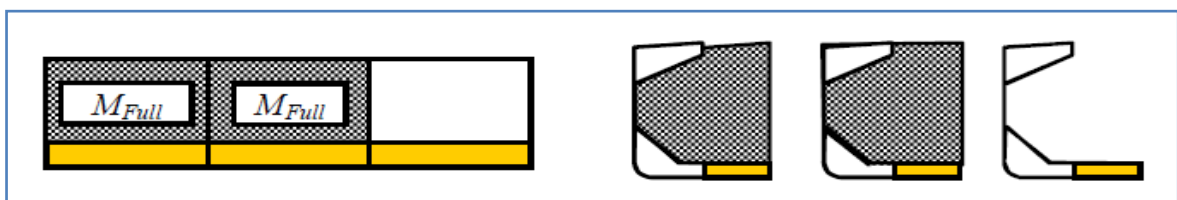
Tabel V.26 Resume tegangan geser LC 15

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	119	Memenuhi
2	Pelat sisi		78,7	Memenuhi
3	Pelat hopper		68	Memenuhi
4	Center dan side girder		64,6	Memenuhi
5	Pelat alas		32,4	Memenuhi

Tabel V.26 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.26 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.26. Harbour Condition (LC 15 2)

Pada kondisi ini ruang muat 4 dan 3 diisi penuh sedangkan ruang mat 2 dikosongkan



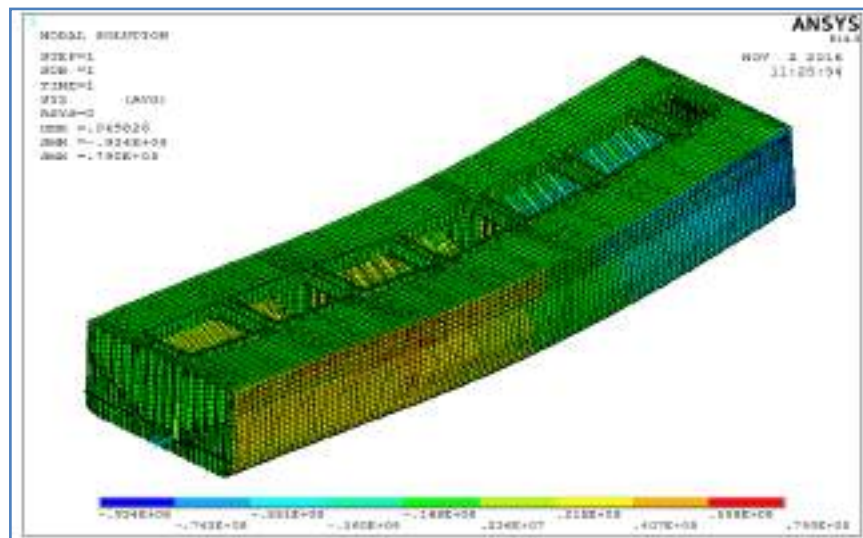
Gambar V.181 Pola pemuatan LC 15

Gambar V.21 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat hopper karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut

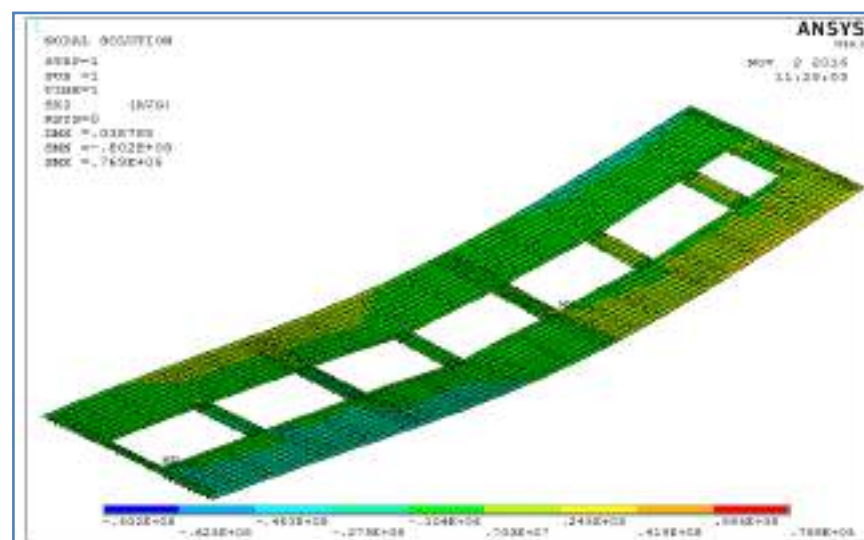
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan harbour condition LC15



Gambar V.182 Plot full model

Gambar V.182 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

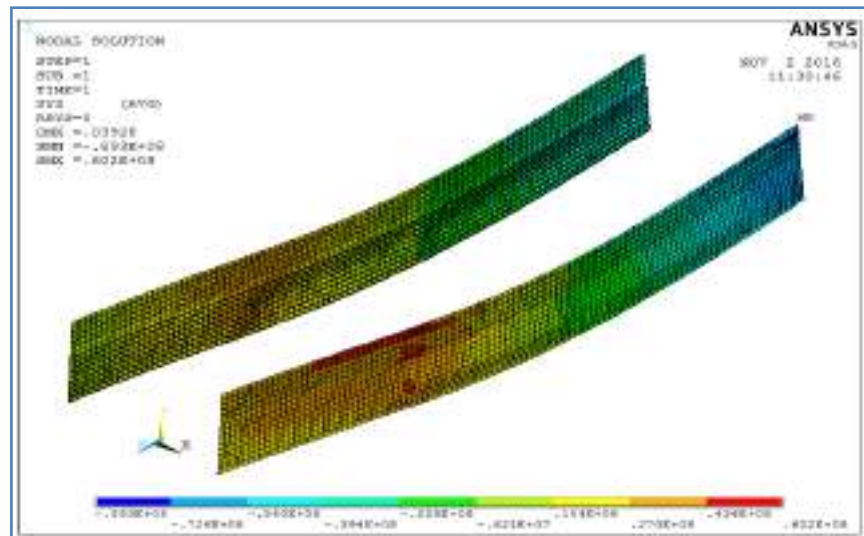
1. Pelat geladak



Gambar V.183 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah $80,2 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

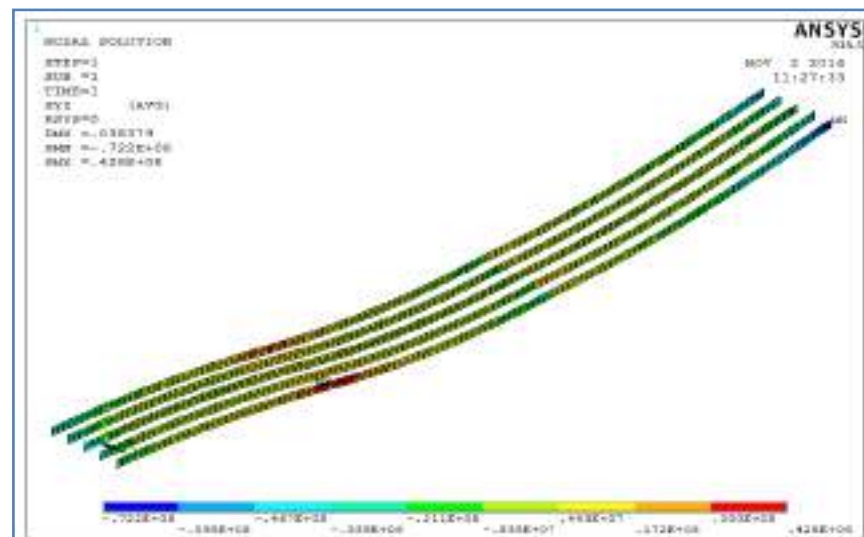
2. Pelat sisi



Gambar V.184 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $89,3 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

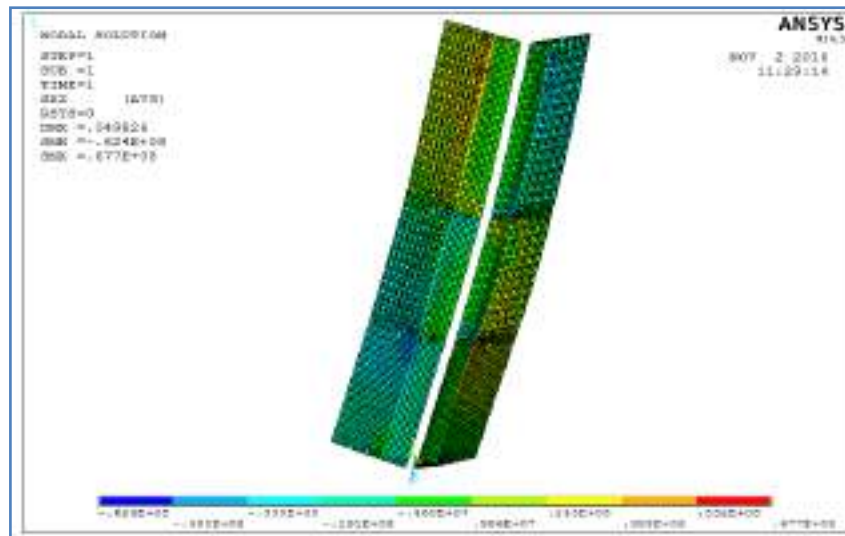
3. Center girder dan side girder



Gambar V.185 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada *girder* adalah $72,2 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada *girder* memenuhi kriteria dari CSR.

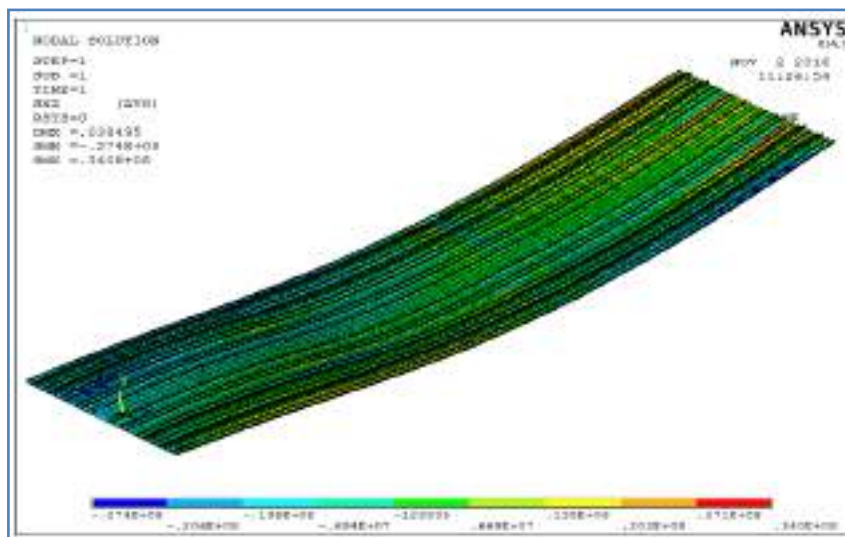
4. Pelat *hopper*



Gambar V.186 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah $67,7 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.187 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah 34 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

Tabel V.27 Resume tegangan geser LC 15

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	80,2	Memenuhi
2	Pelat sisi		89,3	Memenuhi
3	Pelat hopper		67,7	Memenuhi
4	Center dan side girder		72,2	Memenuhi
5	Pelat alas		34	Memenuhi

Tabel V.27 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.27 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.27. Harbour Condition (LC 16 1)

Pada kondisi ini ruang muat 3 dan 2 diisi penuh sedangkan ruang muat 4 dikosongkan.



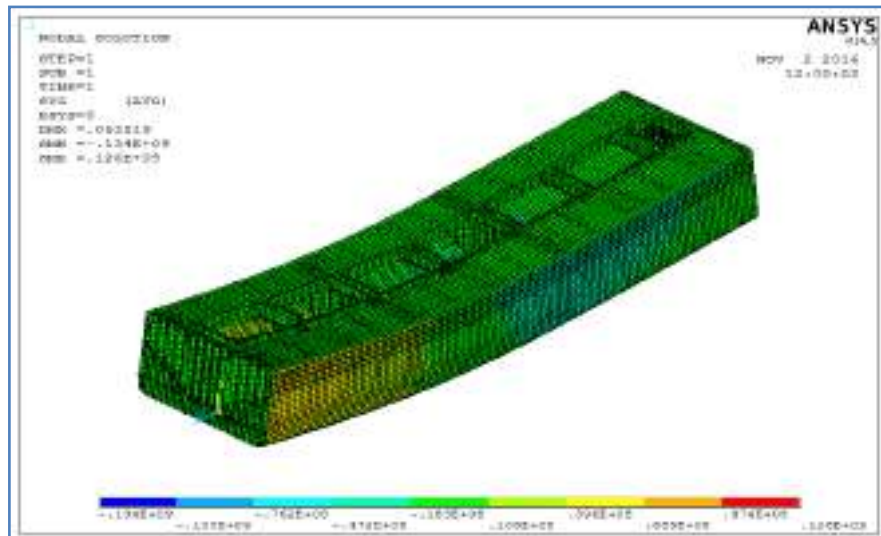
Gambar V.188 Pola pemuatan LC 16

Gambar V.188 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus i i tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

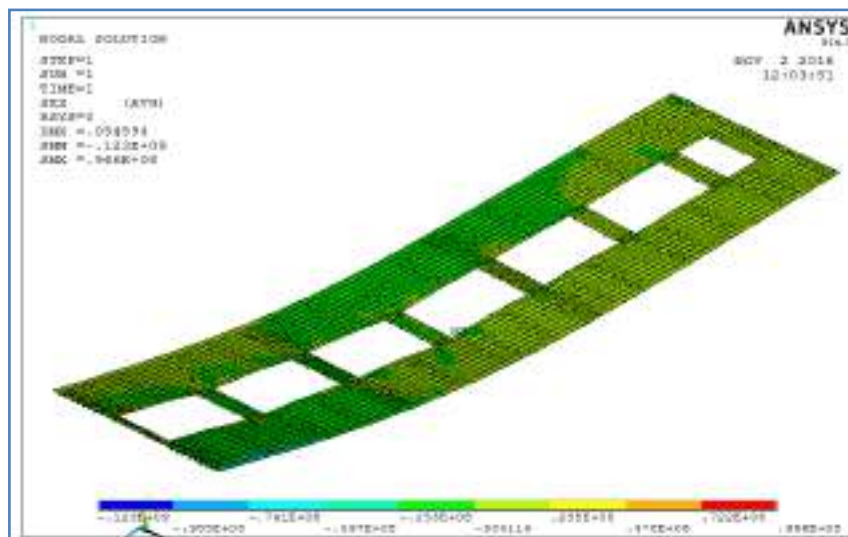
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan harbour condition LC 16.



Gambar V.189 Plot full model

Gambar V.189 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

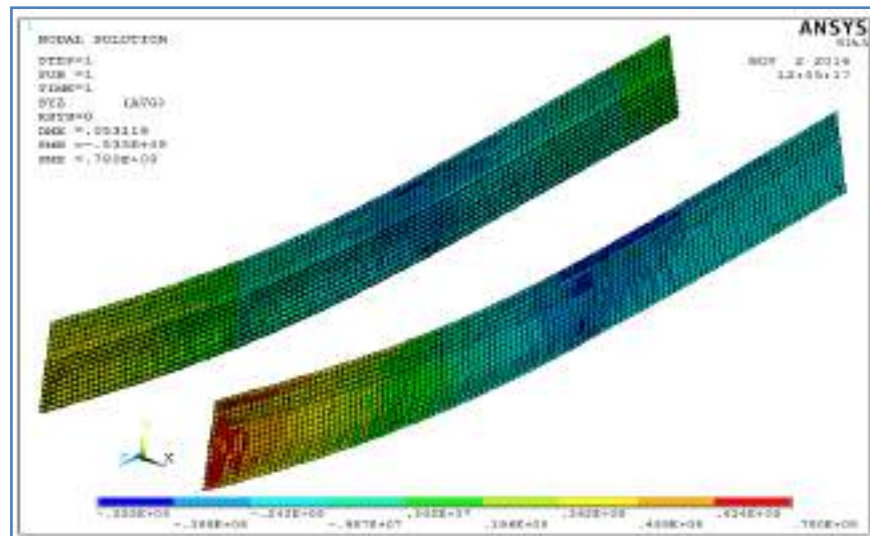
1. Pelat geladak



Gambar V.190 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 123 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

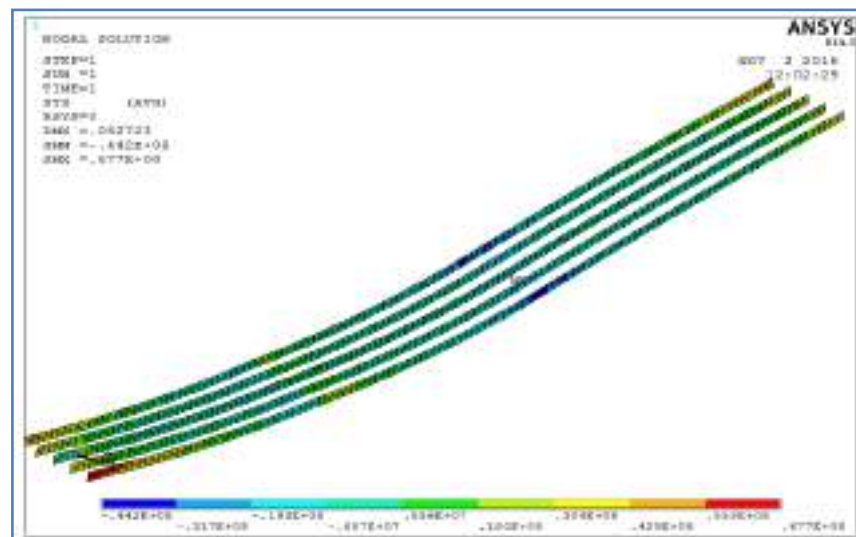
2. Pelat sisi



Gambar V.191 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah 78 N/mm^2 . Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

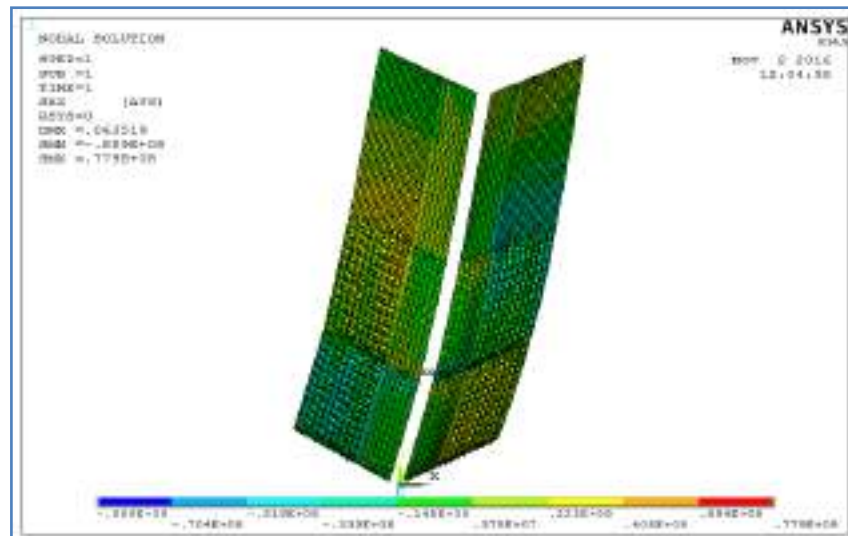
3. Center girder dan side girder



Gambar V.192 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $67,7 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

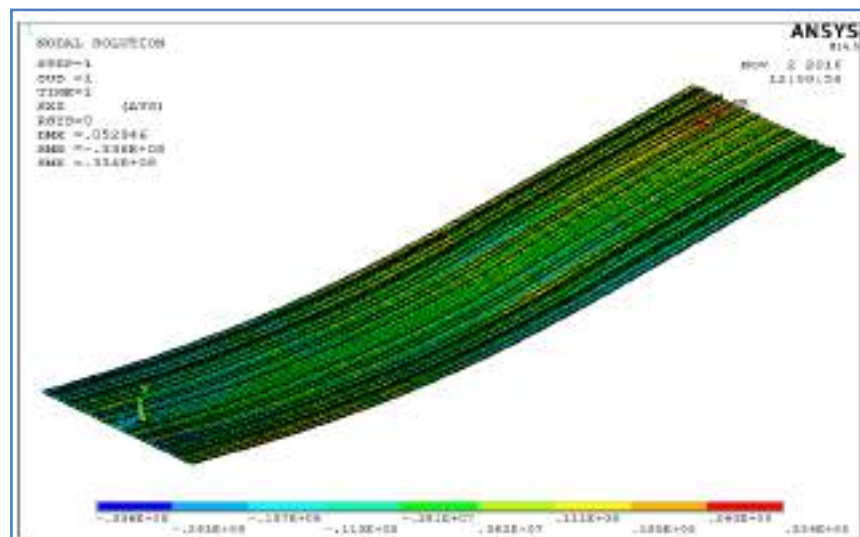
4. Pelat *hopper*



Gambar V.193 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 88,9 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.194 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat hopper adalah $33,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat hopper memenuhi kriteria dari CSR.

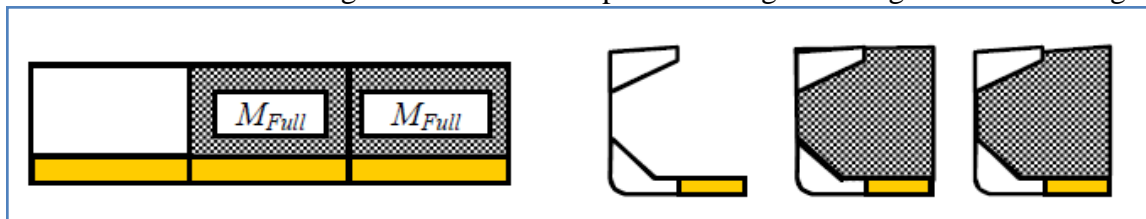
Tabel V.28 Resume tegangan geser LC 16

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	123	Memenuhi
2	Pelat sisi		78	Memenuhi
3	Pelat hopper		88,9	Memenuhi
4	Center dan side girder		67,7	Memenuhi
5	Pelat alas		33,6	Memenuhi

Tabel V.28 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.28 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

V.3.28. Harbour Condition (LC 16 2)

Pada kondisi ini ruang muat 3 dan 2 diisi penuh sedangkan ruang muat 4 dikosongkan.



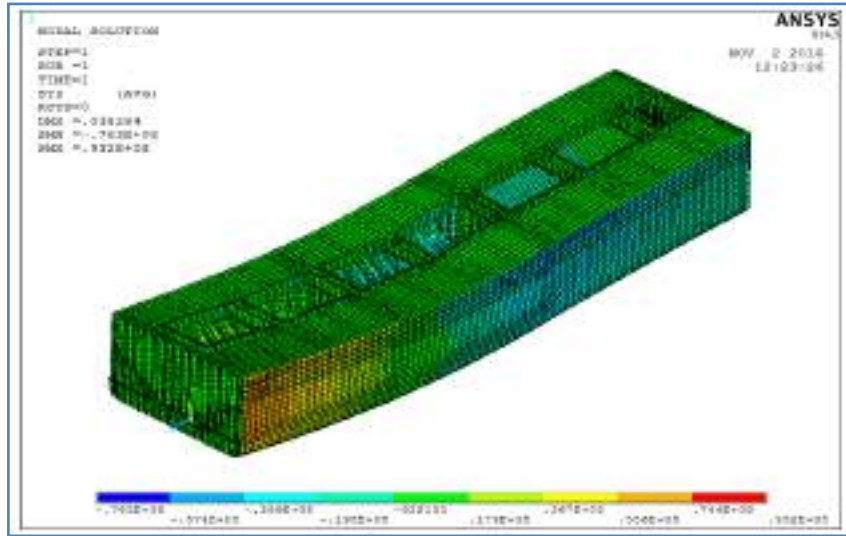
Gambar V.195 Pola pemuatan LC 16

Gambar V.195 menunjukkan ilustrasi pemuatan di mana dua ruang muat diisi dan satu ruang muat dikosongkan. Tangki *double bottom* (bila ada) diisi bahan bakar. Dalam kasus ini tidak ada tangki *double bottom*.

Bagian yang ditinjau tegangan gesernya adalah:

1. Pelat geladak karena pada geladak *bulk carrier* 11096 DWT ini terdapat banyak bukaan
2. Pelat sisi karena pelat sisi menerima beban tekanan air laut dan air ballast.
3. *Center girder* dan *side girder* karena merupakan penumpu konstruksi.
4. Pelat *hopper* karena menerima beban tekanan dari air ballast.
5. Pelat alas karena menerima beban tekanan dari air laut.

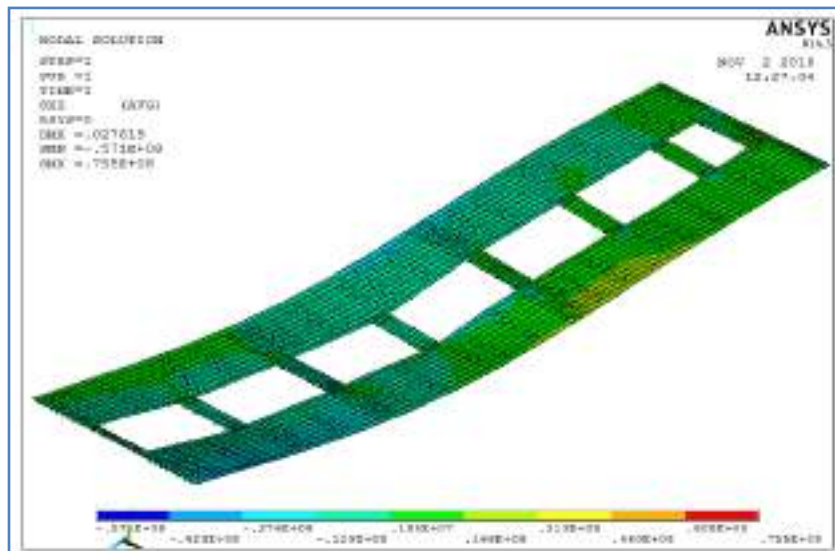
Berikut adalah visualisasi model setelah dilakukan running pada kondisi muatan harbour condition LC 16.



Gambar V.196 Plot full model

Gambar V.196 menunjukkan model penuh, kemudian diambil hasil analisis perbagian sesuai dengan bagian yang akan ditinjau, diuraikan sebagai berikut:

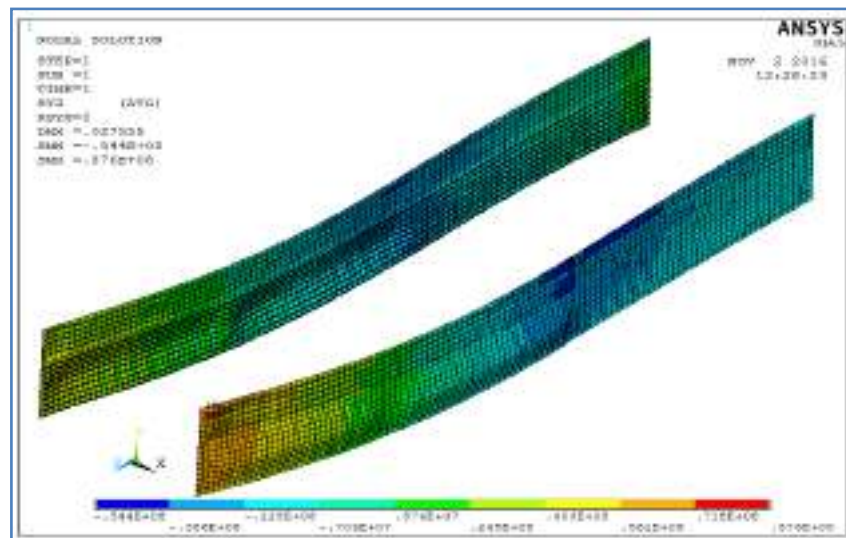
1. Pelat geladak



Gambar V.197 Plot model pelat geladak

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat geladak adalah 75,5 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada geladak memenuhi kriteria dari CSR.

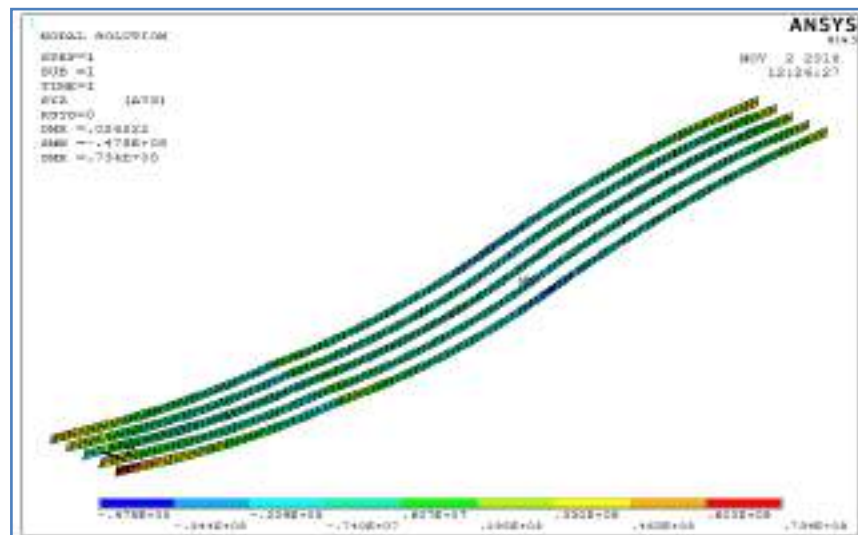
2. Pelat sisi



Gambar V.198 Plot model pelat sisi

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat sisi adalah $87,6 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada sisi memenuhi kriteria dari CSR.

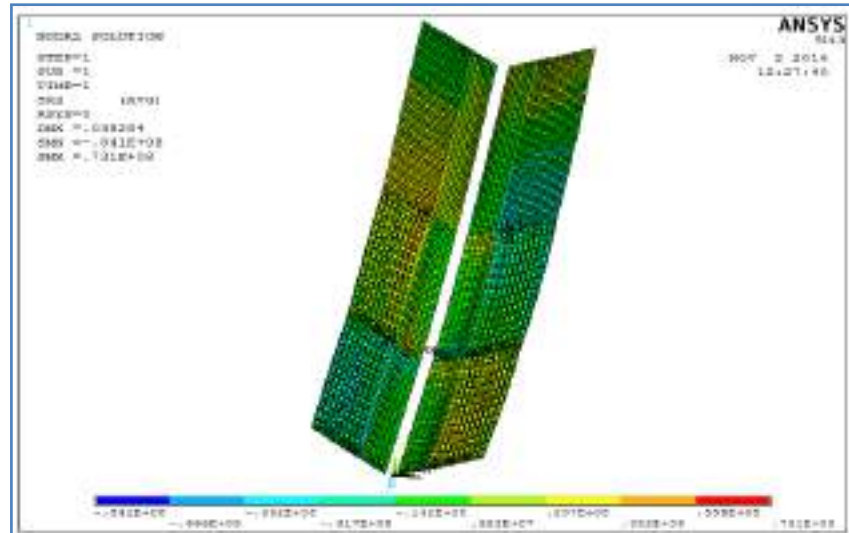
3. Center girder dan side girder



Gambar V.199 Plot model girder

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada girder adalah $73,4 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada girder memenuhi kriteria dari CSR.

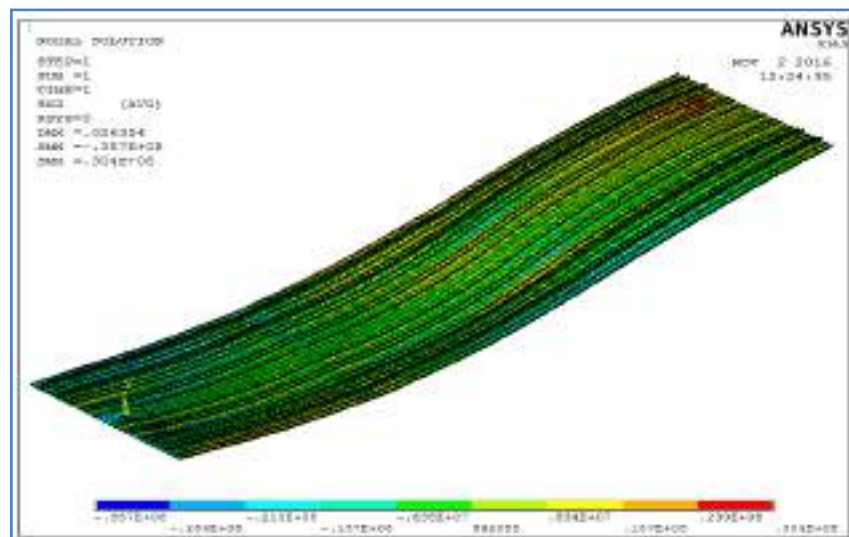
4. Pelat *hopper*



Gambar V.200 Plot model pelat *hopper*

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat *hopper* adalah 84,1 N/mm². Tegangan maksimum yang diijinkan adalah 153,846 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat *hopper* memenuhi kriteria dari CSR.

5. Pelat alas



Gambar V.201 Plot model pelat alas

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada pelat alas adalah $35,7 \text{ N/mm}^2$. Tegangan maksimum yang diijinkan adalah $153,846 \text{ N/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan tegangan maksimum pada pelat alas memenuhi kriteria dari CSR.

Tabel V.29 Resume tegangan geser LC 16

No	Bagian	Tegangan yang diijinkan (N/mm ²)	Tegangan fem (N/mm ²)	Keterangan
1	Pelat geladak	153.846	75,5	Memenuhi
2	Pelat sisi		87,6	Memenuhi
3	Pelat hopper		84,1	Memenuhi
4	Center dan side girder		73,4	Memenuhi
5	Pelat alas		35,7	Memenuhi

Tabel V.29 adalah resume hasil untuk semua bagian yang ditinjau. Berdasarkan nilai tegangan geser pada Tabel V.29 dapat diketahui bahwa semua tegangan geser di bagian yang ditinjau pada kondisi pemuatan penuh memenuhi kriteria tegangan geser maksimum yang diijinkan oleh CSR.

Tabel V.30 Resume hasil analisis semua kondisi pembebanan

No	Loading Condition	Tegangan geser diijinkan 153.486 (N/mm ²)	Keterangan
1	Full Load (LC 1 P1)	memenuhi	-
2	Full Load (LC 2 P1)	memenuhi	-
3	Slack load (LC P1)	memenuhi	-
4	Slack load (LC 4 P1)	memenuhi	-
5	Deepest Ballast (LC 5R1)	tidak memenuhi	1. side girder : 183 N/mm ² 2. pelat geladak : 232 N/mm ²
6	Deepest Ballast (LC 5R1)	tidak memenuhi	side girder : 216 N/mm ²
8	Multiport-3 (LC 6H1)	tidak memenuhi	1. pelat geladak : 175 N/mm ² 2. pelat sisi : 205 N/mm ²
9	Multiport-3 (LC 7H1)	tidak memenuhi	1. side girder : 154 N/mm ² 2. pelat sisi : 177 N/mm ²
10	Multiport-4 (LC 8 F2)	tidak memenuhi	pelat geladak : 156 N/mm ²
11	Multiport-4 (LC 9 F2)	tidak memenuhi	1. pelat geladak : 190 N/mm ² 2. side girder : 160 N/mm ² 3. pelat sisi : 175 N/mm ²
12	Multiport-4 (LC 8P1)	tidak memenuhi	pelat geladak : 183 N/mm ²
13	Multiport-4 (LC 9 P1)	tidak memenuhi	pelat geladak : 199 N/mm ²
14	Alternate Load (LC 10 F2)	tidak memenuhi	pelat geladak : 184 N/mm ²
15	Alternate Load (LC 10 P1)	memenuhi	-
16	Alternate Block Load (LC 11H1)	tidak memenuhi	pelat geladak : 208 N/mm ²
17	Alternate Block Load (LC 11F2)	tidak memenuhi	1. side girder : 177 N/mm ²

			2. pelat geladak : 169 N/mm ²
			3. pelat sisi : 192 N/mm ²
18	Alternate Block Load (LC 11P1)	memenuhi	
19	Alternate Block Load (LC 12H1)	tidak memenuhi	pelat geladak : 191 N/mm ²
20	Alternate Block Load (LC 12F2)	tidak memenuhi	1. side girder : 177 N/mm ²
			2. pelat geladak : 169 N/mm ²
			3. pelat sisi : 192 N/mm ²
21	Alternate Block Load (LC 12 P1)	memenuhi	-
22	Heavy Ballast (LC 13R1)	tidak memenuhi	1. side girder : 192 N/mm ²
			2. Pelat geladak : 196 N/mm ²
23	Heavy Ballast (LC 13R1)	tidak memenuhi	side girder : 185 N/mm ²
24	Heavy Ballast (LC 14R1)	tidak memenuhi	side girder : 163 N/mm ²
25	Heavy Ballast (LC 14R1)	tidak memenuhi	side girder : 178 N/mm ²
26	Harbour Condition-2 (LC 15)	memenuhi	-
27	Harbour Condition-3 (LC 16)	memenuhi	-

Tabel V.30 adalah resume dari semua kondisi pemuatan. Dapat dilihat pada kondisi pemuatan tertentu tegangan geser memenuhi kriteria atau tidak memenuhi. Dapat dilihat bagian konstruksi di mana tegangan geser tidak memenuhi. Kondisi tegangan geser memenuhi terdapat pada kondisi pemuatan penuh (*full load*), *slack load*, *alternate load* (P1), *alternate block load* (P1), dan *harbour condition*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis tegangan geser dengan metode elemen hingga akibat momen torsi maksimum untuk seluruh panjang model kapal yaitu, pada pelat geladak $44,9 \text{ N/mm}^2$, pelat sisi $43,7 \text{ N/mm}^2$, pada girder $6,79 \text{ N/mm}^2$, dan pelat alas $27,3 \text{ N/mm}^2$. Semua nilai tegangan geser memenuhi kriteria dari CSR.
2. Nilai tegangan geser akibat kondisi pemuatan CSR bervariasi. Terdapat kondisi memenuhi dan tidak memenuhi. Untuk kondisi memenuhi adalah pada kondisi pemuatan *full load* (LC 1 P1 dan LC 2 P1), *slack load* (LC 3 P1 dan LC 4 P1), *alternate load* (LC 10 P1), *alternate block load* (LC 11 P1 dan LC 12 P1), dan *harbour condition* (LC 15 dan LC 16).
3. Nilai tegangan geser akibat pemuatan CSR yang tidak memenuhi adalah pada kondisi *deepest ballast* (LC 5), *multiport-3* (LC 6 dan LC 7), *multiport-4* (LC 8 dan LC 9), *alternate load* (LC 10 F2), *alternate block load* (LC 11 H1, LC 11 F2, LC 12 H1, LC 12 F2), dan *heavy ballast* (LC 13 dan LC 14).
4. Nilai tegangan geser paling besar dan tidak memenuhi kriteria CSR adalah pada kondisi *deepest ballast* dengan nilai 232 N/mm^2 , pada bagian geladak.

VI.2. Saran

Pada analisis tegangan geser akibat variasi pemuatan CSR terdapat kondisi pemuatan di mana beberapa bagian konstruksinya mempunyai tegangan geser melebihi kriteria CSR. Konstruksi-konstruksi tersebut harus diperkuat misalnya dengan penambahan tebal atau penambahan penegar.

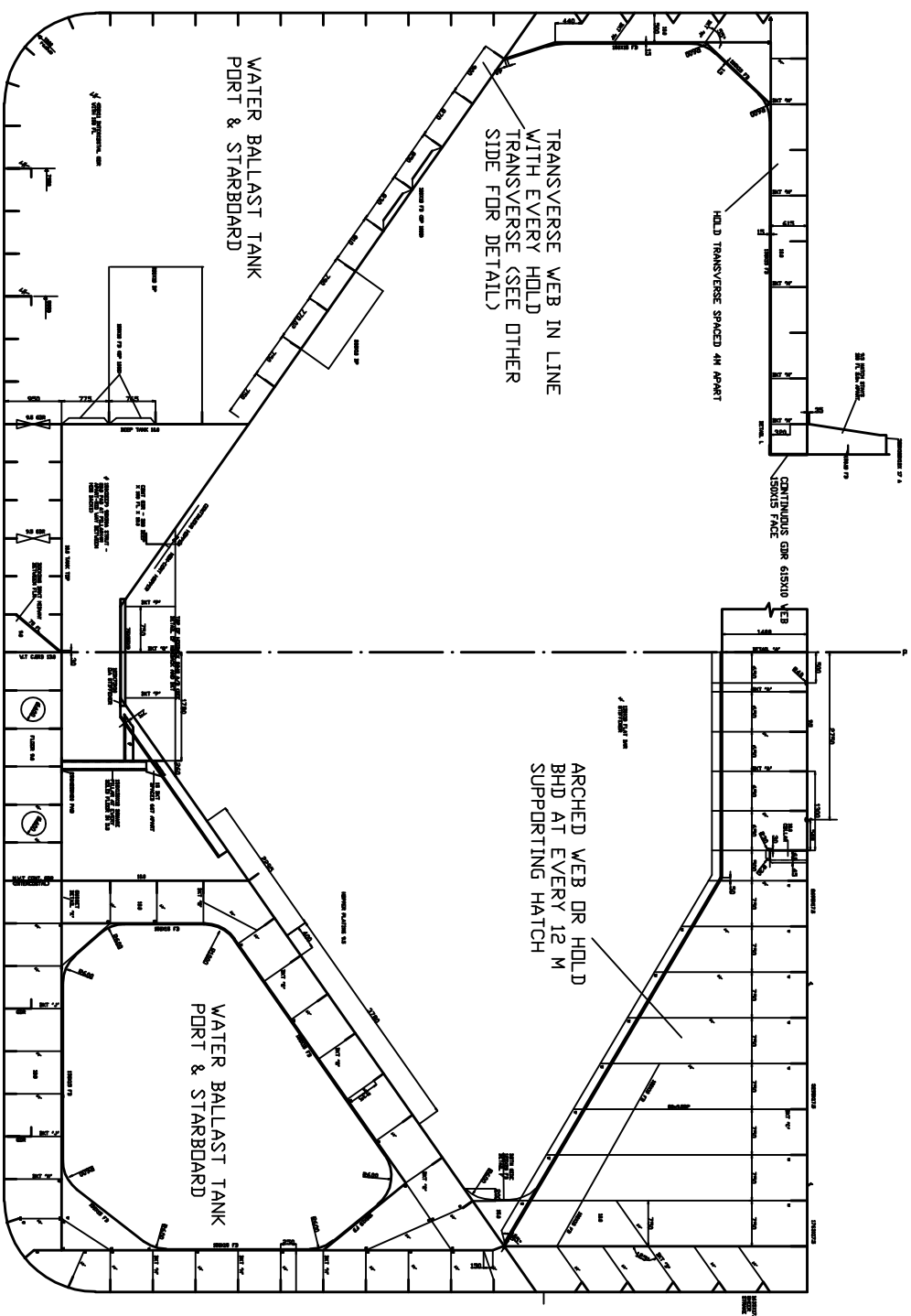
Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- DeepSoft, L. (2014). *Element Types*. Dipetik October 24, 2016, dari fea-cae-engineering web site: fea-cae-engineering.com
- DNV. (2011). *Strength Analysis of Hull Structure in Bulk Carrier*. Hovik: DNV.
- Gere, J. M. (2004). *Mechanics of Materials*. Belmont: Bill Stenquist.
- Hong, L. (2009). Doctoral Thesis. *Simplified analysis and design of ships subjected to collision and grounding*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, Norway.
- Hughes, O. F. (1983). *Ship Structural Design*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- IACS. (2014). *Common Structural Rules for Bulk Carrier*. UK: IACS.
- Logan, D. L. (2007). *A First Course in the Finite Element Method, Fourth Edition*. Kanada: Thomson.
- Madenci, E., & Guven, I. (2006). *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS*. New York: Springer.
- Nikishkov, G. (2004). *Introduction to The Finite Element Method*. Aizu-Wakamatsu: University Of Aizu.
- Oktovianto, M. Y. (2012). Tugas Akhir. *Analisa Tegangan Geser Pada Struktur Cincin Kapal Chemical Tanker 6200 DWT*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
- Prasetyatama, D. Q. (2012). Tugas Akhir. *Analisa Tegangan Geser Pada Struktur Kapal Kontainer*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
- Santosa, B. (2014). *Kekuatan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
- Yulianto, N. E. (2011). Tugas Akhir. *Analisa Tegangan Geser Pada Struktur Kapal Bulk Carrier*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A
GAMBAR PENAMPANG MELINTANG



LAMPIRAN B
PERHITUNGAN MOMEN TORSI CSR

Perhitungan momen torsi sesuai Common Structural Rules for Bulk Carrier:

$$M_{WT} = fp (|M_{WT1}| + |M_{WT2}|)$$

Dimana:

$$M_{WT1} = 0,4 \cdot C \sqrt{\frac{L}{T}} \cdot B^2 \cdot D \cdot C_B \cdot F_{T1}$$

$$M_{WT2} = 0,22 \text{ CLB}^2 \cdot C_B \cdot F_{T2}$$

$$F_{T1} = \sin\left(\frac{2\eta x}{L}\right)$$

$$F_{T2} = \sin^2\left(\frac{\eta x}{L}\right)$$

$$L = 143,5 \quad \text{m}$$

$$B = 21 \quad \text{m}$$

$$C = 8,792186$$

$$D = 13,2 \quad \text{m}$$

$$T = 6,1 \quad \text{m}$$

$$C_b = 0,8$$

Hasil perhitungan :

x	x/l	FT1	FT2	Mwt1	Mwt2	Mwt
0	0	0	0	0	0	0
3.5875	0.025	0.16	0.01	12420.4	602.209	13022.6
7.175	0.05	0.31	0.02	24535.2	2394.02	26929.2
10.7625	0.075	0.45	0.05	36046.5	5331.36	41377.9
14.35	0.1	0.59	0.10	46671.2	9341.98	56013.1
17.9375	0.125	0.71	0.15	56147.8	14327.2	70475
21.525	0.15	0.81	0.21	64243.2	20164.4	84407.6
25.1125	0.175	0.89	0.27	70758.4	26710.1	97468.4
28.7	0.2	0.95	0.35	75533	33803.1	109336
32.2875	0.225	0.99	0.42	78449.6	41269	119719
35.875	0.25	1.00	0.50	79436.5	48924.2	128361
39.4625	0.275	0.99	0.58	78469.4	56580.4	135050
43.05	0.3	0.95	0.65	75572.1	64049.2	139621
46.6375	0.325	0.89	0.73	70815.8	71146.9	141963
50.225	0.35	0.81	0.79	64317.5	77698.9	142016
53.8125	0.375	0.71	0.85	56237.2	83544.1	139781
57.4	0.4	0.59	0.90	46773.5	88538.6	135312
60.9875	0.425	0.46	0.95	36159.2	92559.6	128719

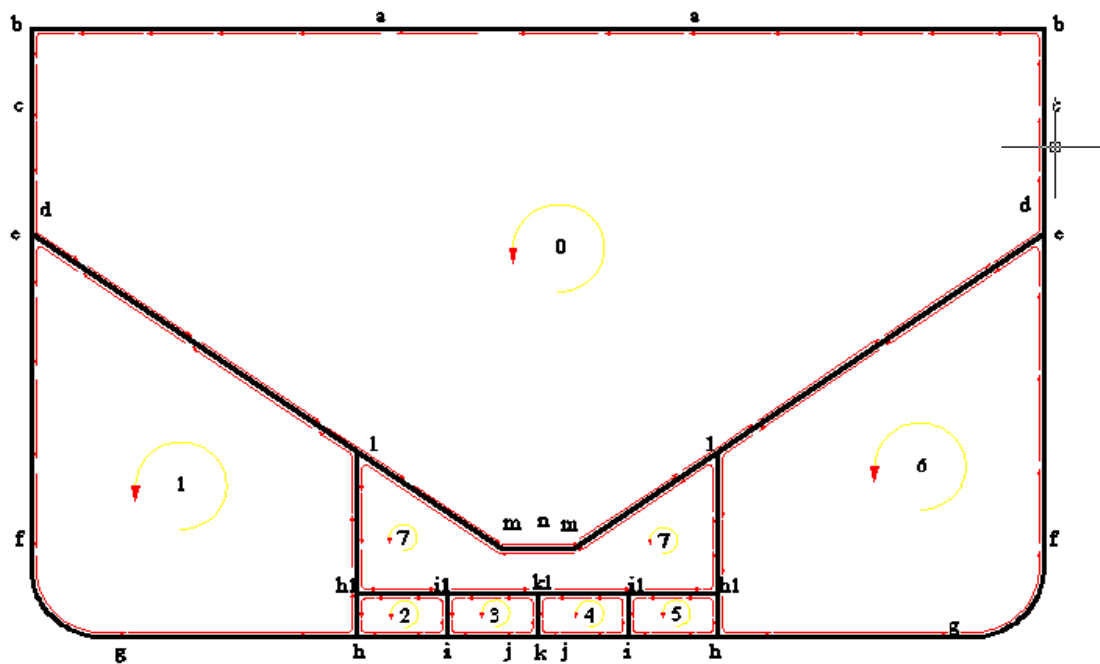
64.575	0.45	0.31	0.98	24655.5	95508.3	120164
68.1625	0.475	0.16	0.99	12545.3	97312	109857
71.75	0.5	0.00	1.00	126.515	97926.4	98052.9
75.3375	0.525	-0.15	0.99	-12295	97336.4	85041
78.925	0.55	-0.31	0.98	-24415	95556.5	71141.6
82.5125	0.575	-0.45	0.95	-35934	92630.4	56696.7
86.1	0.6	-0.59	0.91	-46569	88630.2	42061.5
89.6875	0.625	-0.71	0.85	-56058	83654.3	27596.1
93.275	0.65	-0.81	0.79	-64169	77825	13656.3
96.8625	0.675	-0.89	0.73	-70701	71285.8	585.03
100.45	0.7	-0.95	0.66	-75494	64197.5	11296.2
104.038	0.725	-0.99	0.58	-78430	56734.4	21695.2
107.625	0.75	-1.00	0.50	-79436	49080.2	30356.1
111.213	0.775	-0.99	0.42	-78489	41423.1	37065.9
114.8	0.8	-0.95	0.35	-75611	33951.5	41659.5
118.388	0.825	-0.89	0.27	-70873	26849.1	44023.9
121.975	0.85	-0.81	0.21	-64392	20290.7	44101
125.563	0.875	-0.71	0.15	-56326	14437.6	41888.8
129.15	0.9	-0.59	0.10	-46876	9433.81	37441.9
132.738	0.925	-0.46	0.06	-36272	5402.36	30869.5
136.325	0.95	-0.31	0.02	-24776	2442.43	22333.3
139.913	0.975	-0.16	0.01	-12670	626.84	12043.4
143.5	1	0.00	0.00	-253.03	0.24839	252.781

Dari tabel di atas diambil nilai torsi terbesar, yaitu 142 Nm pada $x/l = 0,35$
 Nilai torsi kemudian dipakai sebagai input beban pada model finite element dan sebagai nilai torsi untuk perhitungan analitik.

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN TEGANGAN GESER
SECARA ANALITIK

Perhitungan tegangan geser akibat torsi menggunakan metode analitik



Berdasarkan penjelasan Bab 2 mengenai shear stress torsi pada penampang penampang tertutup (close section). Maka, shear stress torsional dapat dihitung dengan terlebih dahulu mencari sudut puntir α , di mana sudut puntir di setiap komponen konstruksi adalah sama. Berikut adalah perhitungannya:

$$\theta' = \frac{q}{2GA} \oint \frac{ds}{t}$$

persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.11 pada Bab 2.

LUAS PER LOOP

A0=	170.341 m ²
A1=	42.570 m ²
A2=	1.781 m ²
A3=	1.781 m ²
A4=	1.781 m ²
A5=	1.781 m ²
A6=	42.570 m ²
A7=	13.546 m ²

cell 0

item	S (m)	t (m)	S / t
B-A	7.250	0.018	414.286
A-A	6.500	0.010	684.211
A-B	7.250	0.018	414.286
B-C	1.662	0.018	94.971
C-D	2.695	0.015	179.667
D-E	0.009	0.012	0.767
E-D	0.009	0.012	0.767
D-C	2.695	0.015	179.667
C-B	1.662	0.018	94.971
		q0	2063.591
L-M	3.068	0.010	322.947
M-M	1.500	0.020	75.000
M-L	3.068	0.010	322.947
		q0-q7	720.895
E-L	8.234	0.010	866.737
		q0-q1	866.737
L-E	8.234	0.010	866.737
		q0-q6	866.737

2GA0= 2.621E+13

cell 1

item	S (m)	t (m)	S / t
E-F	6.700	0.012	558.333
F-G	2.362	0.012	196.833
G-H	4.900	0.012	408.333
		q1	1163.500
E-L	8.234	0.010	866.737
		q1-q0	866.737
L-H1	3.068	0.010	306.800
		q1-q7	306.800
H1-H	0.950	0.010	100.000
		q1-q2	100.000

2GA1= 6.549E+12

cell 2

item	S (m)	t (m)	S / t
H-I	1.875	0.012	156.250
		q2	156.250
H1-H	0.950	0.010	100.000
		q2-q1	100.000
I-I1	0.950	0.010	100.000
		q2-q3	100.000
H1-I1	1.875	0.010	187.500
		q2-q7	187.500

2GA2= 2.740E+11

cell 3

item	S (m)	t (m)	S / t
I-J	1.175	0.012	97.917
J-K	0.700	0.014	51.852
		q3	149.769
I-I1	0.950	0.010	100.000
		q3-q2	100.000
K-K1	0.950	0.007	146.154
		q3-q4	146.154
I1-K1	1.875	0.010	187.500
		q3-q7	187.500

2GA3= 2.740E+11

cell 4

item	S (m)	t (m)	S / t
K-J	0.700	0.014	51.852
J-I	1.175	0.012	97.917
		q4	149.769
K-K1	0.950	0.007	146.154
		q4-q3	146.154
I-I1	0.950	0.010	100.000
		q4-q5	100.000
K1-I1	1.875	0.010	187.500
		q4-q7	187.500

2GA4= 2.740E+11

cell 5

item	S (m)	t (m)	S / t
I-H	1.875	0.012	156.250
		q5	156.250
I1-I	0.950	0.010	100.000
		q5-q4	100.000
H1-H	0.950	0.010	100.000
		q5-q6	100.000
H1-I1	1.875	0.010	187.500
		q5-q7	187.500

2GA5= 2.740E+11

cell 6

item	S (m)	t (m)	S / t
H-G	4.900	0.012	408.333
G-F	2.362	0.012	196.833
F-E	6.700	0.012	558.333
		q6	1163.500
E-L	8.234	0.010	866.737
		q6-q0	866.737
L-H1	3.068	0.010	306.800
		q6-q7	306.800
H1-H	0.950	0.010	100.000
		q6-q5	100.000

2GA3= 6.549E+12

cell 7

item	S (m)	t (m)	S / t
L-M	3.068	0.010	322.947
M-M	1.500	0.020	75.000
M-L	3.068	0.010	322.947
		q0	720.895
L-H1	3.068	0.010	306.800
		q7-q1	306.800
H1-I1	1.875	0.010	187.500
		q7-q2	187.500
I1-K1	1.875	0.010	187.500
		q7-q3	187.500
K1-I1	1.875	0.010	187.500
		q7-q4	187.500
H1-I1	1.875	0.010	187.500
		q7-q5	187.500
L-H1	0.950	0.010	100.000
		q7-q6	100.000

2GA3= 2.084E+12

PERS UMUM

q0	+	q1	+	q2	+	q3	+	q4	+	q5	+	q6	+	q7	=	T/2
170.341		42.570		1.781		1.781		1.781		1.781		42.570		13.546		71008220.3

$\alpha_0 =$	q0	-	q0-q1	-	q0-q6	-	q0-q7
	1.724E-10		3.307E-11		3.307E-11		2.751E-11

$\alpha_1 =$	q1	-	q1-q0	-	q1-q2	-	q1-q7
	3.721E-10		1.323E-10		1.527E-11		4.684E-11

$\alpha_2 =$	q2	-	q2-q1	-	q2-q3	-	q2-q7
	1.984E-09		3.649E-10		3.649E-10		6.842E-10

$\alpha_3 =$	q3	-	q3-q2	-	q3-q4	-	q3-q7
	2.129E-09		3.649E-10		5.333E-10		6.842E-10

$\alpha_4 =$	q4	-	q4-q3	-	q4-q5	-	q4-q7
	2.129E-09		5.333E-10		3.649E-10		6.842E-10

$\alpha_5 =$	q5	-	q5-q4	-	q5-q6	-	q5-q7
	1.984E-09		3.649E-10		3.649E-10		6.842E-10

$\alpha_6 =$	q6	-	q6-q0	-	q6-q5	-	q6-q7
	3.721E-10		1.323E-10		1.527E-11		4.684E-11

$\alpha_7 =$	q_7	-	$q_7 - q_0$	-	$q_7 - q_1$	-	$q_7 - q_2$	
	9.010E-10		3.459E-10		1.472E-10		8.997E-11	
	-	$q_7 - q_3$	-	$q_7 - q_4$	-	$q_7 - q_5$	-	$q_7 - q_6$
		8.997E-11		8.997E-11		8.997E-11		4.799E-11

Persamaan di atas adalah persamaan sudut puntir α pada tiap loop.

Karena sudut puntir sama untuk seluruh penampang , maka dapat dilakukan proses perhitungan seperti pada lembar selanjutnya.

$\alpha_0 =$		q_0	-	q_1	-	q_6	-	q_7		
		1.724E-10		3.307E-11		3.307E-11		2.751E-11		
$\alpha_1 =$		q_1	-	q_0	-	q_2	-	q_7		
		3.72108E-10		1.32341E-10		1.52689E-11		4.6845E-11		
$\alpha_0 = \alpha_1$	$\alpha_0 - \alpha_1 = 0$									
q_0	+	q_1	+	q_2	+	q_6	+	q_7	=	0
3.047E-10		-4.052E-10		1.52689E-11		-3.307E-11		1.934E-11		
$\alpha_2 =$		q_2	-	q_1	-	q_3	-	q_7		
		1.98421E-09		3.64912E-10		3.64912E-10		6.84211E-10		
$\alpha_1 = \alpha_2$	$\alpha_1 - \alpha_2 = 0$									
q_0	+	q_1	+	q_2	+	q_3	+	q_7	=	0
-1.32341E-10		7.37021E-10		-1.99948E-09		3.64912E-10		6.37366E-10		
$\alpha_3 =$		q_3	-	q_2	-	q_4	-	q_7		
		2.12898E-09		3.64912E-10		5.33333E-10		6.84211E-10		
$\alpha_2 = \alpha_3$	$\alpha_2 - \alpha_3 = 0$									
q_1	+	q_2	+	q_3	+	q_4	+	q_7	=	0
-3.64912E-10		2.34912E-09		-2.49389E-09		5.33333E-10		0		
$\alpha_4 =$		q_4	-	q_3	-	q_5	-	q_7		
		2.12898E-09		5.33333E-10		3.64912E-10		6.84211E-10		
$\alpha_3 = \alpha_4$	$\alpha_3 - \alpha_4 = 0$									
q_2	+	q_3	+	q_4	+	q_5	+	q_7	=	0
-3.64912E-10		2.66231E-09		-2.66231E-09		3.64912E-10		0		
$\alpha_5 =$		q_5	-	q_4	-	q_6	-	q_7		
		1.98421E-09		3.64912E-10		3.64912E-10		6.84211E-10		
$\alpha_4 = \alpha_5$	$\alpha_4 - \alpha_5 = 0$									
q_3	+	q_4	+	q_5	+	q_6	+	q_7	=	0
-5.33333E-10		2.49389E-09		-2.34912E-09		3.64912E-10		0		
$\alpha_6 =$		q_6	-	q_0	-	q_5	-	q_7		
		3.72108E-10		1.32341E-10		1.52689E-11		4.6845E-11		
$\alpha_5 = \alpha_6$	$\alpha_5 - \alpha_6 = 0$									
q_0	+	q_4	+	q_5	+	q_6	+	q_7	=	0
1.32341E-10		-3.64912E-10		1.52689E-11		-7.37021E-10		-6.37366E-10		
$\alpha_7 =$		q_7	-	q_0	-	q_1	-	q_2		
		9.01019E-10		3.45924E-10		1.47219E-10		8.99726E-11		
$\alpha_6 = \alpha_7$	$\alpha_6 - \alpha_7 = 0$									
q_0	+	q_1	+	q_2	+	q_3	+	q_4		
2.13583E-10		1.47219E-10		8.99726E-11		8.99726E-11		8.99726E-11		
	+	q_5	+	q_6	+	q_7	=	0		
		7.47037E-11		4.20094E-10		-9.47864E-10				

Setelah didapatkan hasil dari masing-masing persamaan sudut puntir maka penyelesaian untuk mencari aliran geser dibantu dengan matrix

MATRIX

170.341	42.570	1.781	1.781	1.781	1.781	42.570	13.546		q0		7.1E+07
3.047E-10	-4.052E-10	1.52689E-11	0	0	0	-3.307E-11	1.934E-11		q1		0
-1.32341E-10	7.37021E-10	-1.99948E-09	3.64912E-10	0	0	0	6.37366E-10		q2		0
0	-3.64912E-10	2.34912E-09	-2.49389E-09	5.33333E-10	0	0	0	X	q3	=	0
0	0	-3.64912E-10	-2.66231E-09	3.64912E-10	0	0	0		q4		0
0	0	0	-5.33333E-10	2.49389E-09	-2.34912E-09	3.64912E-10	0		q5		0
1.32341E-10	0	0	0	-3.64912E-10	1.52689E-11	-7.37021E-10	-6.37366E-10		q6		0
2.13583E-10	1.47219E-10	8.99726E-11	8.99726E-11	8.99726E-11	7.47037E-11	4.20094E-10	-9.47864E-10		q7		0

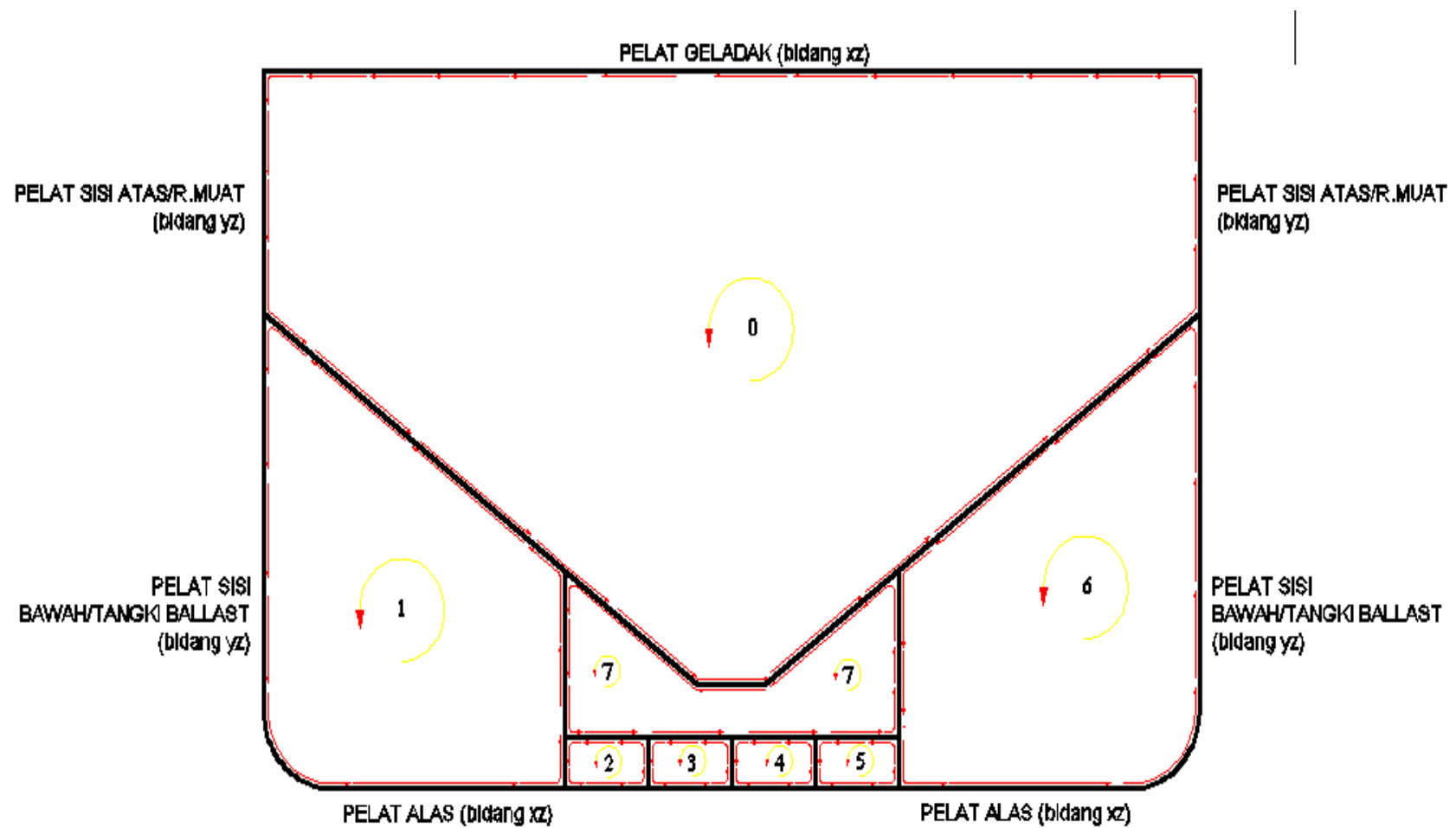
INVERS MATRIX

0.004248522	850415503.6	314104365.1	228681214.6	-166401446.5	8372150.395	272007143.2	106370631.3		71008220.3		301680.009	q0
0.002999468	-1686164811	392476615.6	304451827.1	-228190521.8	6552522.813	294527201.5	74330628.44		0		212986.906	q1
0.001052844	-581546970.6	-256980370.6	183438659.4	-210993482.5	-4466678.4	-8662388.092	-163792225.6		0		74760.5577	q2
-0.001388677	759372908.6	632669777.7	416799488.3	-670370220.4	10926358.7	94794838.92	357325264.4	X	0	=	-98607.4762	q3
-0.009078613	4958657122	4358827820	3224308573	-2361470520	75249435.37	682938205.8	2443167899		0		-644656.131	q4
-0.008737252	4767358387	4169141335	3092394776	-2178277395	-351462672.1	498508272.6	2440609107		0		-620416.749	q5
0.003769602	-2088849428	-2025685606	-1519186043	1136385074	-20458513.19	-1319659127	-463490083.1		0		267672.733	q6
0.001511642	-132753241.1	11939106.34	32262774.65	-48781110.63	-26106775.11	-365546887.9	-782278790.6		0		107338.978	q7

Setelah aliran geser diketahui maka tegangan geser dapat dihitung, resume hasil tegangan geser dapat dilihat pada tabel berikut.

HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN GESER

RING	ITEM	t (m)	shear flow (N/m)	shear stress (N/m ²)	shear stress (N/mm ²)
0	plat dek	0.0095	3.017E+05	3.176E+07	31.756
0	plat sisi	0.0175	3.017E+05	1.724E+07	17.239
	plat sisi	0.015	3.017E+05	2.011E+07	20.112
1	plat sisi	0.012	2.130E+05	1.775E+07	17.749
1	plat alas	0.012	2.130E+05	1.775E+07	17.749
2	plat alas	0.012	7.476E+04	6.230E+06	6.230
3	plat alas	0.012	-9.861E+04	-8.217E+06	-8.217
4	plat alas	0.012	-6.447E+05	-5.372E+07	-53.721
5	plat alas	0.012	-6.204E+05	-5.170E+07	-51.701
6	plat alas	0.012	2.677E+05	2.231E+07	22.306
6	plat sisi	0.012	2.677E+05	2.231E+07	22.306









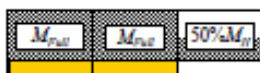


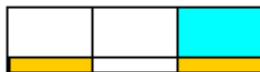











LAMPIRAN D




POLA PEMBEBANAN CSR

Appendix 2 – STANDARD LOADING CONDITION FOR DIRECT STRENGTH ANALYSIS

Table 1: Bending moment analysis applicable to empty hold in alternate condition of BC-A (mid-hold is empty hold)

No.	Description ^{a)}	Draught	Loading Pattern	Aft	Mid	Fore	Load Case (Design Wave)				Remarks (see below)
							Still water vertical bending moment ^{b)}				
1	Full Load ([2.1.3])	T_S					P1				1), 2)
							$0.5M_{SW,S}$				
2	Full Load ([3.2.1])	T_S					P1				1), 3)
							$0.5M_{SW,S}$				
3	Slack Load ([3.2.2])	T_S					P1				3)
							0				
4	Slack Load ([3.2.2])	T_S					P1				3)
							0				
5	Deepest Ballast ([3.2.3])	T_{HB}					R1	R1	P1		4), 5)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$		
6	Multi Port -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$					H1				3), 6)
							$M_{SW,S}$				
7	Multi Port -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$					H1				3), 6)
							$M_{SW,S}$				

No.	Description ^{a)}	Draught	Loading Pattern	Aft	Mid	Fore	Load Case (Design Wave)				Remarks (see below)
							Still water vertical bending moment ^{b)}				
8	Multi Port -4 ([3.3.4])	0.75T _S					F2	P1			3), 6)
							M _{SW,H}	M _{SW,S}			
9	Multi Port -4 ([3.3.4])	0.75T _S					F2	P1			3), 6)
							M _{SW,H}	M _{SW,S}			
10	Alternate Load ([3.4.1])	T _S					F2	P1			2)
							M _{SW,H}	0			
11	Alt-Block Load ([3.4.3])	T _S					H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
							M _{SW,S}	M _{SW,H}	M _{SW,S}		
12	Alt-Block Load ([3.4.3])	T _S					H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
							M _{SW,S}	M _{SW,H}	M _{SW,S}		
13	Heavy Ballast ([3.5.1])	T _{HB(min)}					H1	R1	R1		11),12)
							M _{SW,S}	0	M _{SW,S}		
14	Heavy Ballast	T _{HB(min)}					R1	R1			11), 12), 13)
							0	M _{SW,S}			
15	Harbour Condition -2 ([3.6.2])	0.67T _S					---	---			3), 14), 15)
							M _{SW,P,H}	M _{SW,P,S}			

No.	Description ^{a)}	Draught	Loading Pattern	Aft	Mid	Fore	Load Case (Design Wave)				Remarks (see below)
							Still water vertical bending moment ^{b)}				
16	Harbour Condition -2 ([3.6.2])	0.67 T_S					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			

Dari tabel di atas dapat diketahui pola pemuatan, momen bending vertikal yang bekerja, dan kondisi gelombang pemuatan tersebut.

LAMPIRAN E

HASIL PERHITUNGAN BEBAN

Full load (LC 1 P1) beban internal ruang muat, sarat : 6,4 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	yg	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	arolloy	ay	az	P1		Pcw+Pcs	Pcw	Pc
															Pcw (kN/m2)	Pcw-s (kN/m2)			
inner bottom	CH4	3	1.915	0	0	24.5	4.96024	-4.585	40.075	0	4.66583	-0.314167413	1.928361625	4.820695616	71.73545924	0	71.73545924	71.73545924	217.7153989
			1.915	0	0	60.5	4.96024	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.820695616	71.73545924	0	71.73545924	71.73545924	217.7153989
	CH3		1.915	0	0	60.5	5.12094	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.820695616	74.05945371	0	74.05945371	74.05945371	224.7686664
			1.915	0	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.820695616	74.05945371	0	74.05945371	74.05945371	224.7686664
	CH2		1.915	0	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.820695616	74.05945371	0	74.05945371	74.05945371	224.7686664
			1.915	0	0	108.5	5.12094	-4.585	43.925	0	5.11407	-0.314167413	1.928361625	4.820695616	74.05945371	0	74.05945371	74.05945371	224.7686664
hopper plate	CH 4	3	1.92	0.75	0	24.5	4.96024	-4.585	40.075	0.13364	4.66583	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	61.51850985	16.99247746	183.4854846	78.51098731	234.77203
			1.92	0.75	0	60.5	4.96024	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	61.51850985	16.99247746	183.4854846	78.51098731	234.77203
			2.63727	3.750	0	24.5	4.96024	-3.86273	40.075	0.66821	4.66583	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	58.80274799	14.99716578	163.0098884	73.79991377	207.3075002
			2.63727	3.750	0	60.5	4.96024	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	58.80274799	14.99716578	163.0098884	73.79991377	207.3075002
			4.01811	4.364	0	24.5	4.96024	-2.48189	40.075	0.77762	4.66583	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	42.64684124	10.1767972	112.9006267	52.82363845	142.8310343
			4.01811	4.364	0	60.5	4.96024	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	42.64684124	10.1767972	112.9006267	52.82363845	142.8310343
			4.44864	4.978	0	24.5	4.96024	-2.05136	40.075	0.88703	4.66583	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	38.33353604	8.699428858	98.00105671	47.0329649	123.4775026
			4.44864	4.978	0	60.5	4.96024	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	38.33353604	8.699428858	98.00105671	47.0329649	123.4775026
			5.32116	5.608	0	24.5	4.86432	-1.17884	40.075	0.99929	4.66583	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	27.11999174	5.262136775	62.97448242	32.38212852	78.31800676
			5.32116	5.608	0	60.5	4.86432	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	27.11999174	5.262136775	62.97448242	32.38212852	78.31800676
			5.77465	6.255	0	24.5	4.69095	-0.72535	40.075	1.11458	4.66583	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	20.16011734	3.020238272	40.60097087	23.18035561	49.36866679
			5.77465	6.255	0	60.5	4.69095	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	20.16011734	3.020238272	40.60097087	23.18035561	49.36866679
			6.23962	6.918	0	24.5	4.5133	-0.26038	40.075	1.23272	4.66583	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	12.9213383	0.690225035	17.5608567	13.61156334	19.55559847
			6.23962	6.918	0	60.5	4.5133	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	12.9213383	0.690225035	17.5608567	13.61156334	19.55559847
			6.71606	7.598	0	24.5	4.3311	0.21606	40.075	1.35388	4.66583	0.014804583	2.027053224	5.226861021	5.39409238	-1.73121447	-6.16176505	3.66287791	-11.1421981
			6.71606	7.598	0	60.5	4.3311	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.014804583	2.027053224	5.226861021	5.39409238	-1.73121447	-6.16176505	3.66287791	-11.1421981
			7.20399	8.294	0	24.5	4.14461	0.70399	40.075	1.4779	4.66583	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-2.427866584	-4.24561441	-30.5670437	-6.673480993	-42.7246922
			7.20399	8.294	0	60.5	4.14461	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-2.427866584	-4.24561441	-30.5670437	-6.673480993	-42.7246922
			7.7034	9.007	0	24.5	3.95356	1.2034	40.075	1.60495	4.66583	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-10.55469907	-6.85646854	-55.6714825	-17.41116761	-75.213664
			7.7034	9.007	0	60.5	3.95356	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-10.55469907	-6.85646854	-55.6714825	-17.41116761	-75.213664
			8.21719	9.739	0	24.5	3.75742	1.71719	40.075	1.73539	4.66583	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-19.03810674	-9.57952128	-81.611268	-28.61762803	-108.7848
			8.21719	9.739	0	60.5	3.75742	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-19.03810674	-9.57952128	-81.611268	-28.61762803	-108.7848
hopper plate	CH 3	3	1.92	0.75	0	60.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	63.4763677	17.5429782	189.3946739	81.0193459	242.3427358
			1.92	0.75	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	63.4763677	17.5429782	189.3946739	81.0193459	242.3427358
			2.63727	3.750	0	60.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	60.82520091	15.56582904	168.9836727	76.39102995	214.9609635
			2.63727	3.750	0	84.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	60.82520091	15.56582904	168.9836727	76.39102995	214.9609635
			4.01811	4.364	0	60.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	44.68251462	10.74917773	78.07481723	55.43169235	150.5014354
			4.01811	4.364	0	84.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	44.68251462	10.74917773	78.07481723	55.43169235	150.5014354
			4.44864	4.978	0	60.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	40.38242988	9.275526647	104.001282	49.65795652	131.1648414
			4.44864	4.978	0	84.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	40.38242988	9.275526647	104.001282	49.65795652	131.1648414
			5.32116	5.608	0	60.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	29.18245054	5.842048693	65.03694122	35.02449923	84.91170891
			5.32116	5.608	0	84.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	29.18245054	5.842048693	65.03694122	35.02449923	84.91170891
			5.77465	6.255	0	60.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	22.23650714	3.60406724	33.21299038	25.84057438	57.09123274
			5.77465	6.255	0	84.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	22.23650714	3.60406724	33.21299038	25.84057438	57.09123274
			6.23962	6.918	0	60.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	15.01200361	1.27806792	18.87788604	16.29007153	27.29645384
			6.23962	6.918	0	84.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	15.01200361	1.27806792	18.87788604	16.29007153	27.29645384
			6.71606	7.598	0	60.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.014804583	2.027053224	5.226861021	7.499399238	-1.13925475	4.077362542	6.36014449	-3.38258434
			6.71606	7.598	0	84.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.014804583	2.027053224	5.226861021	7.499399238	-1.13925475	4.077362542	6.36014449	-3.38258434
			7.20399	8.294	0	60.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-0.307573671	-3.64944098	-11.1921042	-3.957014652	-34.9458786
			7.20399	8.294	0	84.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-0.307573671	-3.64944098	-11.1921042	-3.957014652	-34.9458786
			7.7034	9.007	0	60.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-8.419054063	-6.25597848	-49.584506	-14.67503255	-67.4151818
			7.7034	9.007	0	84.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-8.419054063	-6.25597848	-49.584506	-14.67503255	-67.4151818
			8.21719	9.739	0	60.5	3.91811	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-16.88670054	-8.97459957	-75.5085304	-25.86130011	-100.966125
8.21.																			

hopper plate	CH 2	3	1.92	0.75	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	63.4763677	17.5429782	189.3946739	81.0193459	242.3427358
			1.92	0.75	0	108.5	5.12094	-4.585	43.925	0.13364	5.11407	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	63.4763677	17.5429782	189.3946739	81.0193459	242.3427358
			2.63727	3.750	0	84.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	60.82520091	15.56582904	168.9836727	76.39102995	214.9609635
			2.63727	3.750	0	108.5	5.12094	-3.86273	43.925	0.66821	5.11407	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	60.82520091	15.56582904	168.9836727	76.39102995	214.9609635
			4.01811	4.364	0	84.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	44.68251462	10.74917773	118.8876315	55.43169235	150.5014354
			4.01811	4.364	0	108.5	5.12094	-2.48189	43.925	0.77762	5.11407	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	44.68251462	10.74917773	118.8876315	55.43169235	150.5014354
			4.44864	4.978	0	84.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	40.38242988	9.275526647	104.001282	49.65795652	131.1648414
			4.44864	4.978	0	108.5	5.12094	-2.05136	43.925	0.88703	5.11407	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	40.38242988	9.275526647	104.001282	49.65795652	131.1648414
			5.32116	5.608	0	84.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	29.18245054	5.842048693	47.09507049	35.02449923	86.02272466
			5.32116	5.608	0	108.5	5.02501	-1.17884	43.925	0.99929	5.11407	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	29.18245054	5.842048693	47.09507049	35.02449923	86.02272466
			5.77465	6.255	0	84.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	22.23650714	3.60406724	46.62869211	25.84057438	57.09123274
			5.77465	6.255	0	108.5	4.85165	-0.72535	43.925	1.11458	5.11407	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	22.23650714	3.60406724	46.62869211	25.84057438	57.09123274
			6.23962	6.918	0	84.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	15.01200361	1.27806792	23.60285345	16.29007153	27.29645384
			6.23962	6.918	0	108.5	4.674	-0.26038	43.925	1.23272	5.11407	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	15.01200361	1.27806792	23.60285345	16.29007153	27.29645384
			6.71606	7.598	0	84.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.014804583	2.027053224	5.226861021	7.499399238	-1.13925475	4.077362542	6.36014449	-3.38258434
			6.71606	7.598	0	108.5	4.49179	0.21606	43.925	1.35388	5.11407	0.014804583	2.027053224	5.226861021	7.499399238	-1.13925475	4.077362542	6.36014449	-3.38258434
			7.20399	8.294	0	84.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-0.307573671	-3.64944098	-24.4954194	-3.957014652	-34.9458786
			7.20399	8.294	0	108.5	4.3053	0.70399	43.925	1.4779	5.11407	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-0.307573671	-3.64944098	-24.4954194	-3.957014652	-34.9458786
			7.7034	9.007	0	84.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-8.419054063	-6.25597848	-49.584506	-14.67503255	-67.4151818
			7.7034	9.007	0	108.5	4.11425	1.2034	43.925	1.60495	5.11407	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-8.419054063	-6.25597848	-49.584506	-14.67503255	-67.4151818
			8.21719	9.739	0	84.5	3.91811	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-16.88670054	-8.97459957	-75.5085304	-25.86130011	-100.966125
			8.21719	9.739	0	108.5	3.91811	1.71719	43.925	1.73539	5.11407	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-16.88670054	-8.97459957	-75.5085304	-25.86130011	-100.966125

LC 1 P1 beban tekanan air laut

Sarat : 0 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m2)	Pp1 (w)(kN/m)	Pp1 (L)(kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	82.157	82.157	27.386	64.354	146.510	91.739
	-9.35	73.159	73.159	24.386	64.354	137.512	88.740
	-7.95	62.204	62.204	20.735	64.354	126.558	85.088
	-6.55	51.250	51.250	17.083	64.354	115.604	81.437
	-5.15	40.296	40.296	13.432	64.354	104.650	77.786
	-3.75	29.342	29.342	9.781	64.354	93.695	74.134
	-2.5	19.561	19.561	6.520	64.354	83.915	70.874
	-1.25	9.781	9.781	3.260	64.354	74.134	67.614
CL	0	0.000	0.000	0.000	64.354	64.354	64.354
PORTSIDE	1.25	9.781	9.781	3.260	64.354	74.134	67.614
	2.5	19.561	19.561	6.520	64.354	83.915	70.874
	3.75	29.342	29.342	9.781	64.354	93.695	74.134
	5.15	40.296	40.296	13.432	64.354	104.650	77.786
	6.55	51.250	51.250	17.083	64.354	115.604	81.437
	7.95	62.204	62.204	20.735	64.354	126.558	85.088
	9.35	73.159	73.159	24.386	64.354	137.512	88.740
	10.5	82.157	82.157	27.386	64.354	146.510	91.739

Sarat : 6,4 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m2)	Pp1 (w)(kN/m2)	Pp1 (L)(kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	112.521	136.928	45.643	0.000	136.928	45.643
	-9.35	105.020	127.930	42.643	0.000	127.930	42.643
	-7.95	97.518	116.976	38.992	0.000	116.976	38.992
	-6.55	90.017	106.021	35.340	0.000	106.021	35.340
	-5.15	82.516	95.067	31.689	0.000	95.067	31.689
	-3.75	75.014	84.113	28.038	0.000	84.113	28.038
	-2.5	67.513	74.332	24.777	0.000	74.332	24.777
	-1.25	60.011	64.552	21.517	0.000	64.552	21.517
CL	0	52.510	54.771	18.257	0.000	54.771	18.257
PORTSIDE	1.25	60.011	64.552	21.517	0.000	64.552	21.517
	2.5	67.513	74.332	24.777	0.000	74.332	24.777
	3.75	75.014	84.113	28.038	0.000	84.113	28.038
	5.15	82.516	95.067	31.689	0.000	95.067	31.689
	6.55	90.017	106.021	35.340	0.000	106.021	35.340
	7.95	97.518	116.976	38.992	0.000	116.976	38.992
	9.35	105.020	127.930	42.643	0.000	127.930	42.643
	10.5	112.521	136.928	45.643	0.000	136.928	45.643

Full load (LC 2 P1) dan slack load (LC 3 dan LC 4 P1) beban internal ruang muat, sarat : 6,4 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	yg	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	arolly	ay	az	P1	Pcw+Pcs	Pcw	Pc
															Pcw (kN/t)	Pcw-s (kN/m2)		
inner bottom	CH4	1	1.915	0	0	24.5	10.4397	-4.585	40.075	0	4.66583	-0.31417	1.92836	4.8207	50.3264	0	50.3264	152.739
			1.915	0	0	60.5	10.4397	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	50.3264	0	50.3264	152.739
	CH3		1.915	0	0	60.5	11.3285	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	54.6113	0	54.6113	165.744
			1.915	0	0	84.5	11.3285	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	54.6113	0	54.6113	165.744
	CH2		1.915	0	0	84.5	11.3285	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	54.6113	0	54.6113	165.744
			1.915	0	0	108.5	11.3285	-4.585	43.925	0	5.11407	-0.31417	1.92836	4.8207	54.6113	0	54.6113	165.744

hopper plate	CH 4	1	1.92	0.75	0	24.5	10.4397	-4.585	40.075	0.13364	4.66583	-0.31417	1.92836	4.86079	42.7593	11.9212	128.326	54.68042	164.306248
			1.92	0.75	0	60.5	10.4397	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31417	1.92836	4.86079	42.7593	11.9212	128.326	54.68042	164.306248
			2.63727	3.750	0	24.5	10.4397	-3.86273	40.075	0.66821	4.66583	-0.26468	1.94321	5.02116	42.5882	11.4625	122.235	54.050688	156.09203
			2.63727	3.750	0	60.5	10.4397	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26468	1.94321	5.02116	42.5882	11.4625	122.235	54.050688	156.09203
			4.01811	4.364	0	24.5	10.4397	-2.48189	40.075	0.77762	4.66583	-0.17006	1.97159	5.05398	37.3531	9.89796	105.682	47.251111	134.792389
			4.01811	4.364	0	60.5	10.4397	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17006	1.97159	5.05398	37.3531	9.89796	105.682	47.251111	134.792389
			4.44864	4.978	0	24.5	10.4397	-2.05136	40.075	0.88703	4.66583	-0.14056	1.98044	5.0868	36.0656	9.44776	100.866	45.513401	128.533727
			4.44864	4.978	0	60.5	10.4397	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14056	1.98044	5.0868	36.0656	9.44776	100.866	45.513401	128.533727
			5.32116	5.608	0	24.5	10.3437	-1.17884	40.075	0.99929	4.66583	-0.08077	1.99838	5.12048	32.482	8.34534	89.3444	40.82732	113.678093
			5.32116	5.608	0	60.5	10.3437	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.08077	1.99838	5.12048	32.482	8.34534	89.3444	40.82732	113.678093
			5.77465	6.255	0	24.5	10.1704	-0.72535	40.075	1.11458	4.66583	-0.0497	2.0077	5.15507	30.3204	7.64257	82.0449	37.962924	104.231174
			5.77465	6.255	0	60.5	10.1704	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0497	2.0077	5.15507	30.3204	7.64257	82.0449	37.962924	104.231174
			6.23962	6.918	0	24.5	9.99272	-0.26038	40.075	1.23272	4.66583	-0.01784	2.01726	5.19051	28.0697	6.91152	74.5272	34.981205	94.5013632
			6.23962	6.918	0	60.5	9.99272	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784	2.01726	5.19051	28.0697	6.91152	74.5272	34.981205	94.5013632
			6.71606	7.598	0	24.5	9.81051	0.21606	40.075	1.35388	4.66583	0.0148	2.02705	5.22686	25.727	6.15116	66.786	31.878185	84.4819728
			6.71606	7.598	0	60.5	9.81051	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.0148	2.02705	5.22686	25.727	6.15116	66.786	31.878185	84.4819728
			7.20399	8.294	0	24.5	9.62402	0.70399	40.075	1.4779	4.66583	0.04824	2.03708	5.26407	23.29	5.36092	58.8213	28.650957	74.1727
			7.20399	8.294	0	60.5	9.62402	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04824	2.03708	5.26407	23.29	5.36092	58.8213	28.650957	74.1727
			7.7034	9.007	0	24.5	9.43297	1.2034	40.075	1.60495	4.66583	0.08246	2.04735	5.30218	20.7556	4.5397	50.6276	25.295283	63.566598
			7.7034	9.007	0	60.5	9.43297	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08246	2.04735	5.30218	20.7556	4.5397	50.6276	25.295283	63.566598
			8.21719	9.739	0	24.5	9.23684	1.71719	40.075	1.73539	4.66583	0.11766	2.05791	5.34131	18.1069	3.68239	42.1602	21.789309	52.605732
			8.21719	9.739	0	60.5	9.23684	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11766	2.05791	5.34131	18.1069	3.68239	42.1602	21.789309	52.605732
hopper plate	CH 3	1	1.92	0.75	0	60.5	11.3285	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31417	1.92836	4.86079	46.369	12.9361	139.221	59.30517	178.264628
			1.92	0.75	0	84.5	11.3285	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31417	1.92836	4.86079	46.369	12.9361	139.221	59.30517	178.264628
			2.63727	3.750	0	60.5	11.3285	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26468	1.94321	5.02116	46.3171	12.511	133.249	58.828021	170.202994
			2.63727	3.750	0	84.5	11.3285	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26468	1.94321	5.02116	46.3171	12.511	133.249	58.828021	170.202994
			4.01811	4.364	0	60.5	11.3285	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17006	1.97159	5.05398	41.1064	10.9533	143.185	52.059673	148.934582
			4.01811	4.364	0	84.5	11.3285	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17006	1.97159	5.05398	41.1064	10.9533	143.185	52.059673	148.934582
			4.44864	4.978	0	60.5	11.3285	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14056	1.98044	5.0868	39.8433	10.5099	111.929	50.353192	142.707148
			4.44864	4.978	0	84.5	11.3285	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14056	1.98044	5.0868	39.8433	10.5099	111.929	50.353192	142.707148
			5.32116	5.608	0	60.5	11.2326	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.08077	1.99838	5.12048	36.2846	9.41455	93.1471	45.699153	125.835137
			5.32116	5.608	0	84.5	11.2326	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.08077	1.99838	5.12048	36.2846	9.41455	93.1471	45.699153	125.835137
			5.77465	6.255	0	60.5	11.0592	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0497	2.0077	5.15507	34.1487	8.71899	113.812	42.867664	118.469545
			5.77465	6.255	0	84.5	11.0592	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0497	2.0077	5.15507	34.1487	8.71899	113.812	42.867664	118.469545
			6.23962	6.918	0	60.5	10.8816	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784	2.01726	5.19051	31.9243	7.99534	104.477	39.919666	108.773455
			6.23962	6.918	0	84.5	10.8816	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784	2.01726	5.19051	31.9243	7.99534	104.477	39.919666	108.773455
			6.71606	7.598	0	60.5	10.6994	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.0148	2.02705	5.22686	29.6087	7.24258	94.8734	36.851232	98.7886501
			6.71606	7.598	0	84.5	10.6994	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.0148	2.02705	5.22686	29.6087	7.24258	94.8734	36.851232	98.7886501
			7.20399	8.294	0	60.5	10.5129	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04824	2.03708	5.26407	27.1993	6.46011	85.0015	33.659403	88.5147765
			7.20399	8.294	0	84.5	10.5129	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04824	2.03708	5.26407	27.1993	6.46011	85.0015	33.659403	88.5147765
			7.7034	9.007	0	60.5	10.3218	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08246	2.04735	5.30218	24.6931	5.64685	61.8504	30.339993	77.9449384
			7.7034	9.007	0	84.5	10.3218	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08246	2.04735	5.30218	24.6931	5.64685	61.8504	30.339993	77.9449384
			8.21719	9.739	0	60.5	10.1257	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11766	2.05791	5.34131	22.0735	4.7977	53.412	26.871249	67.0213027
			8.21719	9.739	0	84.5	10.1257	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11766	2.05791	5.34131	22.0735	4.7977	53.412	26.871249	67.0213027

hopper plate	CH 2	1	1.92	0.75	0	84.5	11.3285	-4.585	28.7	0.13364221	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	46.36902264	12.93614759	139.2208619	59.30517022	178.2646284
			1.92	0.75	0	108.5	11.3285	-4.585	43.925	0.13364221	5.11407	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	46.36902264	12.93614759	139.2208619	59.30517022	178.2646284
			2.63727	3.750	0	84.5	11.3285	-3.86273	28.7	0.668211052	3.34146	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	46.31705468	12.51096641	133.2489492	58.82802109	170.2029938
			2.63727	3.750	0	108.5	11.3285	-3.86273	43.925	0.668211052	5.11407	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	46.31705468	12.51096641	133.2489492	58.82802109	170.2029938
			4.01811	4.364	0	84.5	11.3285	-2.48189	28.7	0.777619475	3.34146	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	41.10639163	10.95328107	116.7205011	52.0596727	148.9345819
			4.01811	4.364	0	108.5	11.3285	-2.48189	43.925	0.777619475	5.11407	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	41.10639163	10.95328107	116.7205011	52.0596727	148.9345819
			4.44864	4.978	0	84.5	11.3285	-2.05136	28.7	0.887027897	3.34146	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	39.84326243	10.50992913	111.928617	50.35319157	142.707148
			4.44864	4.978	0	108.5	11.3285	-2.05136	43.925	0.887027897	5.11407	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	39.84326243	10.50992913	111.928617	50.35319157	142.707148
			5.32116	5.608	0	84.5	11.2326	-1.17884	28.7	0.999287354	3.34146	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	36.28460439	9.414548877	122.8839696	45.69915327	127.8835566
			5.32116	5.608	0	108.5	11.2326	-1.17884	43.925	0.999287354	5.11407	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	36.28460439	9.414548877	122.8839696	45.69915327	127.8835566
			5.77465	6.255	0	84.5	11.0592	-0.72535	28.7	1.114576034	3.34146	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	34.1486716	8.718992709	93.15847046	42.86766431	118.4695453
			5.77465	6.255	0	108.5	11.0592	-0.72535	43.925	1.114576034	5.11407	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	34.1486716	8.718992709	93.15847046	42.86766431	118.4695453
			6.23962	6.918	0	84.5	10.8816	-0.26038	28.7	1.232715748	3.34146	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	31.92432146	7.99534455	85.66700861	39.91966601	108.7734549
			6.23962	6.918	0	108.5	10.8816	-0.26038	43.925	1.232715748	5.11407	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	31.92432146	7.99534455	85.66700861	39.91966601	108.7734549
			6.71606	7.598	0	84.5	10.6994	0.21606	28.7	1.353884686	3.34146	0.014804583	2.027053224	5.226861021	29.60865098	7.242580531	94.87335951	36.85123151	98.78865006
			6.71606	7.598	0	108.5	10.6994	0.21606	43.925	1.353884686	5.11407	0.014804583	2.027053224	5.226861021	29.60865098	7.242580531	94.87335951	36.85123151	98.78865006
			7.20399	8.294	0	84.5	10.5129	0.70399	28.7	1.477904657	3.34146	0.048237888	2.037083215	5.264067013	27.19929368	6.460109288	70.01574898	33.65940296	88.51477646
			7.20399	8.294	0	108.5	10.5129	0.70399	43.925	1.477904657	5.11407	0.048237888	2.037083215	5.264067013	27.19929368	6.460109288	70.01574898	33.65940296	88.51477646
			7.7034	9.007	0	84.5	10.3218	1.2034	28.7	1.604953851	3.34146	0.082457811	2.047349192	5.302181771	24.69314715	5.646846212	61.85040036	30.33999336	77.94493844
			7.7034	9.007	0	108.5	10.3218	1.2034	43.925	1.604953851	5.11407	0.082457811	2.047349192	5.302181771	24.69314715	5.646846212	61.85040036	30.33999336	77.94493844
			8.21719	9.739	0	84.5	10.1257	1.71719	28.7	1.735388649	3.34146	0.117663062	2.057910767	5.34131221	22.07354638	4.797703106	53.41200697	26.87124948	67.02130273
			8.21719	9.739	0	108.5	10.1257	1.71719	43.925	1.735388649	5.11407	0.117663062	2.057910767	5.34131221	22.07354638	4.797703106	53.41200697	26.87124948	67.02130273

side plate	CH 4	1	8.75	10.5	0	24.5	10.4397	2.25	40.075	1.870990945	4.66583	0.154171577	2.068863322	5.381992899	15.13089251	0	15.13089251	15.13089251	25.91172141	
			10.5	10.5	0	60.5	10.4397	2.25	28.7	1.870990945	3.34146	0.154171577	2.068863322	5.381992899	15.13089251	0	15.13089251	15.13089251	25.91172141	
			13.2	10.5	0	24.5	10.4397	6.7	40.075	1.870990945	4.66583	0.459088695	2.160338457	5.381992899	3.396080544	0	3.396080544	3.396080544	-7.65034056	
			10.5	10.5	0	60.5	10.4397	6.7	28.7	1.870990945	3.34146	0.459088695	2.160338457	5.381992899	3.396080544	0	3.396080544	3.396080544	-7.65034056	
	CH 3		8.75	10.5	0	60.5	11.3285	2.25	28.7	1.870990945	3.34146	0.154171577	2.068863322	5.381992899	17.52276036	0	17.52276036	17.52276036	32.66335411	
			10.5	10.5	0	84.5	11.3285	2.25	28.7	1.870990945	3.34146	0.154171577	2.068863322	5.381992899	17.52276036	0	17.52276036	17.52276036	32.66335411	
			13.2	10.5	0	60.5	11.3285	6.7	28.7	1.870990945	3.34146	0.459088695	2.160338457	5.381992899	5.787948386	0	5.787948386	5.787948386	-0.89870786	
			10.5	10.5	0	84.5	11.3285	6.7	28.7	1.870990945	3.34146	0.459088695	2.160338457	5.381992899	5.787948386	0	5.787948386	5.787948386	-0.89870786	
	CH 2		8.75	10.5	0	84.5	11.3285	2.25	28.7	1.870990945	3.34146	0.154171577	2.068863322	5.381992899	17.52276036	0	17.52276036	17.52276036	32.66335411	
			10.5	10.5	0	108.5	11.3285	2.25	43.925	1.870990945	5.11407	0.154171577	2.068863322	5.381992899	17.52276036	0	17.52276036	17.52276036	32.66335411	
			13.2	10.5	0	84.5	11.3285	2.25	28.7	1.870990945	3.34146	0.154171577	2.068863322	5.381992899	5.547826155	0	5.547826155	5.547826155	-1.13883009	
			10.5	10.5	0	108.5	11.3285	6.7	43.925	1.870990945	5.11407	0.459088695	2.160338457	5.381992899	5.787948386	0	5.787948386	5.787948386	-0.89870786	

Beban akibat tekanan air laut

Sarat : 0 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m ²)	Pp1 (w)(kN/m ²)	Pp1 (L)(kN/m ²)	Ps (kN/m ²)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	82.157	82.157	27.386	64.354	146.510	91.739
	-9.35	73.159	73.159	24.386	64.354	137.512	88.740
	-7.95	62.204	62.204	20.735	64.354	126.558	85.088
	-6.55	51.250	51.250	17.083	64.354	115.604	81.437
	-5.15	40.296	40.296	13.432	64.354	104.650	77.786
	-3.75	29.342	29.342	9.781	64.354	93.695	74.134
	-2.5	19.561	19.561	6.520	64.354	83.915	70.874
	-1.25	9.781	9.781	3.260	64.354	74.134	67.614
CL	0	0.000	0.000	0.000	64.354	64.354	64.354
PORTSIDE	1.25	9.781	9.781	3.260	64.354	74.134	67.614
	2.5	19.561	19.561	6.520	64.354	83.915	70.874
	3.75	29.342	29.342	9.781	64.354	93.695	74.134
	5.15	40.296	40.296	13.432	64.354	104.650	77.786
	6.55	51.250	51.250	17.083	64.354	115.604	81.437
	7.95	62.204	62.204	20.735	64.354	126.558	85.088
	9.35	73.159	73.159	24.386	64.354	137.512	88.740
	10.5	82.157	82.157	27.386	64.354	146.510	91.739

Sarat : 6,4 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m ²)	Pp1 (w)(kN/m ²)	Pp1 (L)(kN/m ²)	Ps (kN/m ²)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	112.521	136.928	45.643	0.000	136.928	45.643
	-9.35	105.020	127.930	42.643	0.000	127.930	42.643
	-7.95	97.518	116.976	38.992	0.000	116.976	38.992
	-6.55	90.017	106.021	35.340	0.000	106.021	35.340
	-5.15	82.516	95.067	31.689	0.000	95.067	31.689
	-3.75	75.014	84.113	28.038	0.000	84.113	28.038
	-2.5	67.513	74.332	24.777	0.000	74.332	24.777
	-1.25	60.011	64.552	21.517	0.000	64.552	21.517
CL	0	52.510	54.771	18.257	0.000	54.771	18.257
PORTSIDE	1.25	60.011	64.552	21.517	0.000	64.552	21.517
	2.5	67.513	74.332	24.777	0.000	74.332	24.777
	3.75	75.014	84.113	28.038	0.000	84.113	28.038
	5.15	82.516	95.067	31.689	0.000	95.067	31.689
	6.55	90.017	106.021	35.340	0.000	106.021	35.340
	7.95	97.518	116.976	38.992	0.000	116.976	38.992
	9.35	105.020	127.930	42.643	0.000	127.930	42.643
	10.5	112.521	136.928	45.643	0.000	136.928	45.643

Multiport – 3 LC 6 dan LC 7 H1 beban internal ruang muat, sarat : 4, 288 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	apitchx	ax	az	H1		
inner bottom	CH4	1	1.915	0	24.5	10.43965964	-3.529	40.075	0	5.11820345	-0.29215	0.857881587	8.01062082	Pcw (kN/m2)	Pcw-s (kN/m2)	
			1.915	0	60.5	10.43965964	-3.529	28.7	0	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648	70.39201451	0	
	CH3		1.915	0	60.5	11.32850059	-3.529	28.7	0	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648	76.22090516	0	
			1.915	0	84.5	11.32850059	-3.529	28.7	0	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648	76.22090516	0	
	CH2		1.915	0	84.5	11.32850059	-3.529	28.7	0	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648	76.22090516	0	
			1.915	0	108.5	11.32850059	-3.529	43.925	0	5.609908585	-0.29215	0.857881587	8.502325955	98.24883817	0	
hopper plate	CH 4	1	1.92	0.75	24.5	10.43965964	-3.529	40.075	0.13364221	5.11820345	-0.29215	0.857881587	8.01062082	71.8019781	19.64619	
			1.92	0.75	60.5	10.43965964	-3.529	28.7	0.13364221	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648	59.13039631	16.08325759	
			2.63727	3.750	24.5	10.43965964	-2.80673	40.075	0.66821105	5.11820345	-0.23236	0.917675268	8.01062082	67.10242286	18.28696431	
			2.63727	3.750	60.5	10.43965964	-2.80673	28.7	0.66821105	3.665438279	-0.23236	0.917675268	6.557855648	55.30752706	14.9705341	
			4.01811	4.364	24.5	10.43965964	-1.42589	40.075	0.77761947	5.11820345	-0.11804	1.031989175	8.01062082	58.11778574	15.68838869	
			4.01811	4.364	60.5	10.43965964	-1.42589	28.7	0.77761947	3.665438279	-0.11804	1.031989175	6.557855648	47.99894333	12.84322285	
			4.44864	4.978	24.5	10.43965964	-0.99536	40.075	0.8870279	5.11820345	-0.0824	1.067630934	8.01062082	55.31647941	14.87818276	
			4.44864	4.978	60.5	10.43965964	-0.99536	28.7	0.8870279	3.665438279	-0.0824	1.067630934	6.557855648	45.72021115	12.17995172	
			5.32116	5.608	24.5	10.34373383	-0.12284	40.075	0.99928735	5.11820345	-0.01017	1.139863177	8.01062082	48.9972774	13.05568364	
			5.32116	5.608	60.5	10.34373383	-0.12284	28.7	0.99928735	3.665438279	-0.01017	1.139863177	6.557855648	40.57650151	10.66879717	
			5.77465	6.255	24.5	10.1703707	0.33065	40.075	1.11457603	5.11820345	0.02737	1.177405698	8.01062082	44.88627398	11.87602108	
			5.77465	6.255	60.5	10.1703707	0.33065	28.7	1.11457603	3.665438279	0.02737	1.177405698	6.557855648	37.22636778	9.722246713	
			6.23962	6.918	24.5	9.992720388	0.79562	40.075	1.23271575	5.11820345	0.06587	1.215898599	8.01062082	40.67188048	10.66668656	
			6.23962	6.918	60.5	9.992720388	0.79562	28.7	1.23271575	3.665438279	0.06587	1.215898599	6.557855648	33.79198208	8.732230907	
			6.71606	7.598	24.5	9.810514937	1.27206	40.075	1.35388469	5.11820345	0.10531	1.255341053	8.01062082	36.35236862	9.427194649	
			6.71606	7.598	60.5	9.810514937	1.27206	28.7	1.35388469	3.665438279	0.10531	1.255341053	6.557855648	30.27192921	7.717526902	
			7.20399	8.294	24.5	9.624022299	1.75999	40.075	1.47790466	5.11820345	0.1457	1.295734715	8.01062082	31.92940162	8.158011961	
			7.20399	8.294	60.5	9.624022299	1.75999	28.7	1.47790466	3.665438279	0.1457	1.295734715	6.557855648	26.66757143	6.678516687	
			7.7034	9.007	24.5	9.432974525	2.2594	40.075	1.60495385	5.11820345	0.18705	1.337078758	8.01062082	27.40125119	6.858653065	
			7.7034	9.007	60.5	9.432974525	2.2594	28.7	1.60495385	3.665438279	0.18705	1.337078758	6.557855648	22.97749354	5.614802867	
			8.21719	9.739	24.5	9.236835716	2.77319	40.075	1.73538865	5.11820345	0.22958	1.379613261	8.01062082	22.74546134	5.522652013	
			8.21719	9.739	60.5	9.236835716	2.77319	28.7	1.73538865	3.665438279	0.22958	1.379613261	6.557855648	19.18341003	4.521092124	
			hopper plate	CH 3	1	1.92	0.75	60.5	11.32850059	-3.529	28.7	0.13364221	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648
1.92	0.75	84.5				11.32850059	-3.529	28.7	0.13364221	3.665438279	-0.29215	0.857881587	6.557855648	63.35705261	17.45259897	156.2088919
2.63727	3.750	60.5				11.32850059	-2.80673	28.7	0.66821105	3.665438279	-0.23236	0.917675268	6.557855648	59.4893381	16.33987549	146.4212326
2.63727	3.750	84.5				11.32850059	-2.80673	28.7	0.66821105	3.665438279	-0.23236	0.917675268	6.557855648	59.4893381	16.33987549	146.4212326
4.01811	4.364	60.5				11.32850059	-1.42589	28.7	0.77761947	3.665438279	-0.11804	1.031989175	6.557855648	52.09501894	14.21256423	154.1740668
4.01811	4.364	84.5				11.32850059	-1.42589	28.7	0.77761947	3.665438279	-0.11804	1.031989175	6.557855648	52.09501894	14.21256423	154.1740668
4.44864	4.978	60.5				11.32850059	-0.99536	28.7	0.8870279	3.665438279	-0.0824	1.067630934	6.557855648	49.78955544	13.5492931	121.87491
4.44864	4.978	84.5				11.32850059	-0.99536	28.7	0.8870279	3.665438279	-0.0824	1.067630934	6.557855648	49.78955544	13.5492931	121.87491
5.32116	5.608	60.5				11.23257478	-0.12284	28.7	0.99928735	3.665438279	-0.01017	1.139863177	6.557855648	44.59167162	12.0573131	101.4541385
5.32116	5.608	84.5				11.23257478	-0.12284	28.7	0.99928735	3.665438279	-0.01017	1.139863177	6.557855648	44.59167162	12.0573131	101.4541385
5.77465	6.255	60.5				11.05921165	0.33065	28.7	1.11457603	3.665438279	0.02737	1.177405698	6.557855648	41.213381	11.09158809	120.8766095
5.77465	6.255	84.5				11.05921165	0.33065	28.7	1.11457603	3.665438279	0.02737	1.177405698	6.557855648	41.213381	11.09158809	120.8766095
6.23962	6.918	60.5				10.88156134	0.79562	28.7	1.23271575	3.665438279	0.06587	1.215898599	6.557855648	37.75012562	10.10157229	110.3027533
6.23962	6.918	84.5				10.88156134	0.79562	28.7	1.23271575	3.665438279	0.06587	1.215898599	6.557855648	37.75012562	10.10157229	110.3027533
6.71606	7.598	60.5				10.69935589	1.27206	28.7	1.35388469	3.665438279	0.10531	1.255341053	6.557855648	34.20049091	9.086868284	99.46519944
6.71606	7.598	84.5				10.69935589	1.27206	28.7	1.35388469	3.665438279	0.10531	1.255341053	6.557855648	34.20049091	9.086868284	99.46519944
7.20399	8.294	60.5				10.51286325	1.75999	28.7	1.47790466	3.665438279	0.1457	1.295734715	6.557855648	30.56583788	8.047858069	88.36805254
7.20399	8.294	84.5				10.51286325	1.75999	28.7	1.47790466	3.665438279	0.1457	1.295734715	6.557855648	30.56583788	8.047858069	88.36805254
7.7034	9.007	60.5				10.32181547	2.2594	28.7	1.60495385	3.665438279	0.18705	1.337078758	6.557855648	26.84475196	6.984144249	64.00200518
7.7034	9.007	84.5				10.32181547	2.2594	28.7	1.60495385	3.665438279	0.18705	1.337078758	6.557855648	26.84475196	6.984144249	64.00200518
8.21719	9.739	60.5				10.12567667	2.77319	28.7	1.73538865	3.665438279	0.22958	1.379613261	6.557855648	23.01876758	5.890433506	54.35722817
8.21719	9.739	84.5				10.12567667	2.77319	28.7	1.73538865	3.665438279	0.22958	1.379613261	6.557855648	23.01876758	5.890433506	54.35722817

Beban tekanan air laut

Sarat : 0 m

x	x	y	kp	kl	Phf (kN/m2)	PH1 (kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(kN/m2)
24.5	24.5	0	-0.713782859	1.535477213	25.24506703	27.6685257	43.116912	70.78544
60.5	60.5	0	0.058163614	1.007227584	25.24506703	-1.47895691	43.116912	41.63796
84.5	84.5	0	0.039078758	1.01578183	25.24506703	-1.00211536	43.116912	42.1148
108.5	108.5	0	-0.47469361	1.377919103	25.24506703	16.5125306	43.116912	59.62944
24.5	24.5	10.5	-0.713782859	1	50.49013407	36.0389923	43.116912	79.1559
60.5	60.5	10.5	0.058163614	1	50.49013407	-2.93668865	43.116912	40.18022
84.5	84.5	10.5	0.039078758	1.00526061	50.49013407	-1.98347138	43.116912	41.13344
108.5	108.5	10.5	-0.47469361	1.125973034	50.49013407	26.9865831	43.116912	70.1035
24.5	24.5	-10.5	-0.713782859	1	50.49013407	36.0389923	43.116912	79.1559
60.5	60.5	-10.5	0.058163614	1	50.49013407	-2.93668865	43.116912	40.18022
84.5	84.5	-10.5	0.039078758	1.00526061	50.49013407	-1.98347138	43.116912	41.13344
108.5	108.5	-10.5	-0.47469361	1.125973034	50.49013407	26.9865831	43.116912	70.1035

Sarat : 4,288 m

x	y	kp	kl	Phf (kN/m2)	PH1 (kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(kN/m2)
24.5	0	-0.713782859	1.535477213	49.0544804	55.33705138	0	55.33705
60.5	0	0.058163614	1.007227584	49.0544804	-2.957913815	0	-2.95791
84.5	0	0.039078758	1.01578183	49.0544804	-2.004230713	0	-2.00423
108.5	0	-0.47469361	1.377919103	49.0544804	33.02506119	0	33.02506
24.5	10.5	-0.713782859	1	73.58172061	54.05848838	0	54.05849
60.5	10.5	0.058163614	1	73.58172061	-4.405032979	0	-4.40503
84.5	10.5	0.039078758	1.00526061	73.58172061	-2.975207071	0	-2.97521
108.5	10.5	-0.47469361	1.125973034	73.58172061	40.47987463	0	40.47987
24.5	-10.5	-0.713782859	1	73.58172061	54.05848838	0	54.05849
60.5	-10.5	0.058163614	1	73.58172061	-4.405032979	0	-4.40503
84.5	-10.5	0.039078758	1.00526061	73.58172061	-2.975207071	0	-2.97521
108.5	-10.5	-0.47469361	1.125973034	73.58172061	40.47987463	0	40.47987

Multiport – 4 LC 8 dan LC 9 F2

Sarat : 4,8 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	apitchx	ax	az	H1	Pcw (kN/m2)	Pcw-s (kN/m2)	Pcw+Pcs	Pcw	Pcw-s	Pcw+Pcs	Pcw	P
inner bottom	CH4	1	1.915	0	24.5	10.43965964	-3.785	40.075	0	4.996550334	-0.29863	0.85140698	7.888967703	84.27380344	0	186.6868645	0	0	102.4130611	84.27380344	186.687	
			1.915	0	60.5	10.43965964	-3.785	28.7	0	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	69.46791473	0	171.8809758	0	0	102.4130611	69.46791473	171.881	
			1.915	0	60.5	11.32850059	-3.785	28.7	0	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	75.2193671	0	186.3519579	0	0	111.1325908	75.2193671	186.352	
			1.915	0	84.5	11.32850059	-3.785	28.7	0	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	75.2193671	0	186.3519579	0	0	111.1325908	75.2193671	186.352	
			1.915	0	84.5	11.32850059	-3.785	28.7	0	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	75.2193671	0	186.3519579	0	0	111.1325908	75.2193671	186.352	
			1.915	0	108.5	11.32850059	-3.785	43.925	0	5.47656827	-0.29863	0.85140698	8.368985639	96.72372447	0	207.8563153	0	0	111.1325908	96.72372447	207.856	
hopper plate	CH 4	1	1.92	0.75	24.5	10.43965964	-3.785	40.075	0.13364221	4.996550334	-0.29863	0.85140698	7.888967703	70.72630453	19.34783357	156.2929328	0	0	0	90.0741381	199.7	
			1.92	0.75	60.5	10.43965964	-3.785	28.7	0.13364221	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	58.35590994	15.86958748	143.9225382	0	0	115.5149482	74.22549743	183.851	
			2.63727	3.750	24.5	10.43965964	-3.06273	40.075	0.66821105	4.996550334	-0.24164	0.908392003	7.888967703	66.09384263	18.00924973	145.7405261	0	0	0	84.10309235	186.144	
			2.63727	3.750	60.5	10.43965964	-3.06273	28.7	0.66821105	3.578315523	-0.24164	0.908392003	6.470732892	54.57929634	14.77164681	134.2259798	0	0	107.5230227	69.35094314	171.392	
			4.01811	4.364	24.5	10.43965964	-1.68189	40.075	0.77761947	4.996550334	-0.1327	1.017336303	7.888967703	57.23747494	15.45013732	125.5663734	0	0	0	72.68761226	160.229	
			4.01811	4.364	60.5	10.43965964	-1.68189	28.7	0.77761947	3.578315523	-0.1327	1.017336303	6.470732892	47.35914441	12.67259742	115.6880429	0	0	92.24401299	60.03174183	147.573	
			4.44864	4.978	24.5	10.43965964	-1.25136	40.075	0.8870279	4.996550334	-0.09873	1.051303881	7.888967703	54.47616155	14.65223556	119.2763051	0	0	0	69.12839711	152.149	
			4.44864	4.978	60.5	10.43965964	-1.25136	28.7	0.8870279	3.578315523	-0.09873	1.051303881	6.470732892	45.10798424	12.01813801	109.9081278	0	0	87.48019383	57.12612225	140.146	
			5.32116	5.608	24.5	10.34373383	-0.37884	40.075	0.99928735	4.996550334	-0.02989	1.120143196	7.888967703	48.24776001	12.85741379	105.1102269	0	0	0	61.10517381	133.956	
			5.32116	5.608	60.5	10.34373383	-0.37884	28.7	0.99928735	3.578315523	-0.02989	1.120143196	6.470732892	40.02713514	10.54597933	96.88960206	0	0	76.76433034	50.57311447	123.244	
			5.77465	6.255	24.5	10.1703707	0.07465	40.075	1.11457603	4.996550334	0.00589	1.155922252	7.888967703	44.19656237	11.69566615	95.92109114	0	0	0	55.89216942	122.16	
			5.77465	6.255	60.5	10.1703707	0.07465	28.7	1.11457603	3.578315523	0.00589	1.155922252	6.470732892	36.7186632	9.593084229	88.44325106	0	0	69.82819362	46.31174743	112.58	
			6.23962	6.918	24.5	9.992720388	0.53962	40.075	1.23271575	4.996550334	0.04257	1.192607046	7.888967703	40.04335861	10.50469716	86.50083477	0	0	0	50.54805577	110.068	
			6.23962	6.918	60.5	9.992720388	0.53962	28.7	1.23271575	3.578315523	0.04257	1.192607046	6.470732892	33.32698655	8.616221031	79.78446271	0	0	62.71759281	41.94320758	101.463	
			6.71606	7.598	24.5	9.810514937	1.01606	40.075	1.35388469	4.996550334	0.08016	1.23019679	7.888967703	35.78662406	9.284028766	76.84564161	0	0	0	45.07065282	97.6744	
			6.71606	7.598	60.5	9.810514937	1.01606	28.7	1.35388469	3.578315523	0.08016	1.23019679	6.470732892	29.85070887	7.614997623	70.90972642	0	0	55.42967369	37.46570649	90.0695	
			7.20399	8.294	24.5	9.624022299	1.50399	40.075	1.47790466	4.996550334	0.11866	1.268693062	7.888967703	31.42793746	8.034120493	66.95918177	0	0	0	39.46205795	84.9838	
			7.20399	8.294	60.5	9.624022299	1.50399	28.7	1.47790466	3.578315523	0.11866	1.268693062	6.470732892	26.2911742	6.589790919	61.82241851	0	0	47.96717982	32.88096512	78.4027	
			7.7034	9.007	24.5	9.432974525	2.0034	40.075	1.60495385	4.996550334	0.15806	1.308095073	7.888967703	26.96559682	6.754494282	56.83763904	0	0	0	33.7200911	71.9914	
			7.7034	9.007	60.5	9.432974525	2.0034	28.7	1.60495385	3.578315523	0.15806	1.308095073	6.470732892	22.6469862	5.540208804	52.51902842	0	0	40.32725699	28.18719501	66.4585	
			8.21719	9.739	24.5	9.236835716	2.51719	40.075	1.73538865	4.996550334	0.1986	1.348631625	7.888967703	22.37747001	5.43878238	46.4307196	0	0	0	27.81625239	58.6327	
			8.21719	9.739	60.5	9.236835716	2.51719	28.7	1.73538865	3.578315523	0.1986	1.348631625	6.470732892	18.90008409	4.46102882	42.95333368	0	0	32.47188696	23.36111237	54.1775	
hopper plate	CH 3		1.92	0.75	60.5	11.32850059	-3.785	28.7	0.13364221	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	62.52272213	17.22073682	155.3745614	0	0	0	79.74345895	198.703	
			1.92	0.75	84.5	11.32850059	-3.785	28.7	0.13364221	3.578315523	-0.29863	0.85140698	6.470732892	62.52272213	17.22073682	155.3745614	0	0	125.349983	79.74345895	198.703	
			2.63727	3.750	60.5	11.32850059	-3.06273	28.7	0.66821105	3.578315523	-0.24164	0.908392003	6.470732892	58.70336976	16.12279614	145.6352642	0	0	0	74.8261659	186.201	
			2.63727	3.750	84.5	11.32850059	-3.06273	28.7	0.66821105	3.578315523	-0.24164	0.908392003	6.470732892	58.70336976	16.12279614	145.6352642	0	0	117.3580575	74.8261659	186.201	
			4.01811	4.364	60.5	11.32850059	-1.68189	28.7	0.77761947	3.578315523	-0.1327	1.017336303	6.470732892	51.4015096	14.02374676	153.4805574	0	0	0	65.42525636	162.3	
			4.01811	4.364	84.5	11.32850059	-1.68189	28.7	0.77761947	3.578315523	-0.1327	1.017336303	6.470732892	51.4015096	14.02374676	153.4805574	0	0	102.0790478	65.42525636	162.3	
			4.44864	4.978	60.5	11.32850059	-1.25136	28.7	0.8870279	3.578315523	-0.09873	1.051303881	6.470732892	49.12487375	13.36928735	121.2102283	0	0	0	62.4941611	154.848	
			4.44864	4.978	84.5	11.32850059	-1.25136	28.7	0.8870279	3.578315523	-0.09873	1.051303881	6.470732892	49.12487375	13.36928735	121.2102283	0	0	97.31522867	62.4941611	154.848	
			5.32116	5.608	60.5	11.23257478	-0.37884	28.7	0.99928735	3.578315523	-0.02989	1.120143196	6.470732892	43.99239516	11.89712867	100.8548621	0	0	0	55.88952383	136.026	
			5.32116	5.608	84.5	11.23257478	-0.37884	28.7	0.99928735	3.578315523	-0.02989	1.120143196	6.470732892	43.99239516	11.89712867	100.8548621	0	0	86.59936518	55.88952383	136.026	
			5.77465	6.255	60.5	11.05921165	0.07465	28.7	1.11457603	3.578315523	0.00589	1.155922252	6.470732892	40.65708893	10.94423357	120.3203174	0	0	0	51.6013225	127.203	
			5.77465	6.255	84.5	11.05921165	0.07465	28.7	1.11457603	3.578315523	0.00589	1.155922252	6.470732892	40.65708893	10.94423357	120.3203174	0	0	79.66322846	51.6013225	127.203	
			6.23962	6.918	60.5	10.88156134	0.53962	28.7	1.23271575	3.578315523	0.04257	1.192607046	6.470732892	37.23789869	9.96737037	109.7905263	0	0	0	47.20526906	116.059	
			6.23962	6.918	84.5	10.88156134	0.53962	28.7	1.23271575	3.578315523	0.04257	1.192607046	6.470732892	37.23789869	9.96737037	109.7905263	0	0	72.55262765	47.20526906	116.059	
			6.71606	7.598	60.5	10.6935589	1.01606	28.7	1.35388469	3.578315523	0.08016	1.23019679	6.470732892	33.7334287	8.966146962	98.99813723	0	0	0	42.69957566	104.637	
			6.71606	7.598	84.5	10.6935589	1.01606	28.7	1.35388469	3.578315523	0.08016	1.23019679	6.470732892	33.7334287	8.966146962	98.99813723	0	0	65.26470853	42.69957566	104.637	
			7.20399	8.294	60.5	10.51286325	1.50399	28.7	1.47790466	3.578315523	0.11866	1.268693062	6.470732892	30.14502182	7.940940258	87.94723649	0	0	0	38.08596208	92.9413	
			7.20399	8.294	84.5	10.51286325	1.50399	28.7	1.47790466	3.578315523	0.11866	1.268693062	6.470732892	30.14502182	7.940940258	87.94723649	0	0	57.80221466	38.08596208	92.9413	
7.7034	9.007																					

hopper plate	CH 2			1.92	0.75	84.5	11.3285	-3.785	28.7	0.13364	3.57832	-0.29863	0.85141	6.47073	62.5227	17.2207	155.375	0	0		79.7435	198.703
				1.92	0.75	108.5	11.3285	-3.785	43.925	0.13364	5.47657	-0.29863	0.85141	8.36899	80.4897	22.2726	173.342	0	0	125.35	102.762	221.722
				2.63727	3.750	84.5	11.3285	-3.06273	28.7	0.66821	3.57832	-0.24164	0.90839	6.47073	58.7034	16.1228	145.635	0	0		74.8262	186.201
				2.63727	3.750	108.5	11.3285	-3.06273	43.925	0.66821	5.47657	-0.24164	0.90839	8.36899	75.5248	20.8526	162.457	0	0	117.358	96.3774	207.752
				4.01811	4.364	84.5	11.3285	-1.68189	28.7	0.77762	3.57832	-0.1327	1.01734	6.47073	51.4015	14.0237	127.016	0	0		65.4253	162.3
				4.01811	4.364	108.5	11.3285	-1.68189	43.925	0.77762	5.47657	-0.1327	1.01734	8.36899	66.033	18.1377	141.647	0	0	102.079	84.1707	181.046
				4.44864	4.978	84.5	11.3285	-1.25136	28.7	0.88703	3.57832	-0.09873	1.0513	6.47073	49.1249	13.3693	121.21	0	0		62.4942	154.848
				4.44864	4.978	108.5	11.3285	-1.25136	43.925	0.88703	5.47657	-0.09873	1.0513	8.36899	63.0735	17.2913	135.159	0	0	97.3152	80.3648	172.719
				5.32116	5.608	84.5	11.2326	-0.37884	28.7	0.99929	3.57832	-0.02989	1.12014	6.47073	43.9924	11.8971	130.592	0	0		55.8895	138.074
				5.32116	5.608	108.5	11.2326	-0.37884	43.925	0.99929	5.47657	-0.02989	1.12014	8.36899	56.4051	15.3873	143.004	0	0	86.5994	71.7924	153.977
				5.77465	6.255	84.5	11.0592	0.07465	28.7	1.11458	3.57832	0.00589	1.15592	6.47073	40.6571	10.9442	99.6669	0	0		51.6013	127.203
				5.77465	6.255	108.5	11.0592	0.07465	43.925	1.11458	5.47657	0.00589	1.15592	8.36899	52.0756	14.1548	111.085	0	0	79.6632	66.2304	141.832
				6.23962	6.918	84.5	10.8816	0.53962	28.7	1.23272	3.57832	0.04257	1.19261	6.47073	37.2379	9.96737	90.9806	0	0		47.2053	116.059
				6.23962	6.918	108.5	10.8816	0.53962	43.925	1.23272	5.47657	0.04257	1.19261	8.36899	47.6372	12.8914	101.38	0	0	72.5526	60.5286	129.382
				6.71606	7.598	84.5	10.6994	1.01606	28.7	1.35388	3.57832	0.08016	1.2302	6.47073	33.7334	8.96615	98.9981	0	0		42.6996	104.637
				6.71606	7.598	108.5	10.6994	1.01606	43.925	1.35388	5.47657	0.08016	1.2302	8.36899	43.0881	11.5965	108.353	0	0	65.2647	54.6846	116.622
				7.20399	8.294	84.5	10.5129	1.50399	28.7	1.4779	3.57832	0.11866	1.26869	6.47073	30.145	7.94094	72.9615	0	0		38.086	92.9413
				7.20399	8.294	108.5	10.5129	1.50399	43.925	1.4779	5.47657	0.11866	1.26869	8.36899	38.4301	10.2705	81.2465	0	0	57.8022	48.7006	103.556
				7.7034	9.007	84.5	10.3218	2.0034	28.7	1.60495	3.57832	0.15806	1.3081	6.47073	26.4713	6.89136	63.6285	0	0		33.3626	80.9676
				7.7034	9.007	108.5	10.3218	2.0034	43.925	1.60495	5.47657	0.15806	1.3081	8.36899	33.6613	8.91301	70.8185	0	0	50.1623	42.5743	90.1792
				8.21719	9.739	84.5	10.1257	2.51719	28.7	1.73539	3.57832	0.1986	1.34863	6.47073	22.694	5.81218	54.0324	0	0		28.5062	68.6562
				8.21719	9.739	108.5	10.1257	2.51719	43.925	1.73539	5.47657	0.1986	1.34863	8.36899	28.758	7.51724	60.0965	0	0	42.3069	36.2753	76.4253

side plate	CH 4	1	8.75	10.5	24.5	10.43965964	3.05	40.075	1.87099	4.99655	0.24064	1.39067	7.88897	17.3475	0	17.3475	0	0		17.3475	28.1284
				10.5	60.5	10.43965964	3.05	28.7	1.87099	3.57832	0.24064	1.39067	6.47073	14.7914	0	14.7914	0	0		14.7914	25.5722
			13.2	10.5	24.5	10.43965964	7.5	40.075	1.87099	4.99655	0.59173	1.74176	7.88897	0.58453	0	0.58453	0	0		0.58453	0.32911
				10.5	60.5	10.43965964	7.5	28.7	1.87099	3.57832	0.59173	1.74176	6.47073	1.18398	0	1.18398	0	0		1.18398	0.92856
	CH 3		8.75	10.5	60.5	11.32850059	3.05	28.7	1.87099	3.57832	0.24064	1.39067	6.47073	16.6241	0	16.6241	0	0		16.6241	31.7647
				10.5	84.5	11.32850059	3.05	28.7	1.87099	3.57832	0.24064	1.39067	6.47073	16.6241	0	16.6241	0	0		16.6241	31.7647
			13.2	10.5	60.5	11.32850059	7.5	28.7	1.87099	3.57832	0.59173	1.74176	6.47073	0.14074	0	0.14074	0	0		0.14074	4.24508
				10.5	84.5	11.32850059	7.5	28.7	1.87099	3.57832	0.59173	1.74176	6.47073	0.57618	0	0.57618	0	0		0.57618	4.68052
	CH 2		8.75	10.5	84.5	11.32850059	3.05	28.7	1.87099	3.57832	0.24064	1.39067	6.47073	16.6241	0	16.6241	0	0		16.6241	31.7647
				10.5	108.5	11.32850059	3.05	43.925	1.87099	5.47657	0.24064	1.39067	8.36899	20.889	0	20.889	0	0		20.889	36.0296
			13.2	10.5	84.5	11.32850059	3.05	28.7	1.87099	3.57832	0.24064	1.39067	6.47073	2.22674	0	2.22674	0	0		2.22674	6.33109
				10.5	108.5	11.32850059	7.5	43.925	1.87099	5.47657	0.59173	1.74176	8.36899	2.79467	0	2.79467	0	0		2.79467	6.89901

LC 8 dan LC 9 F2 Beban tekanan air laut

Sarat : 0 m

x	y	kp	kl	Phf (kN/m2)	PF2 (kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(kN/m2)
24.5	0	-0.738399077	1.53548	23.39502663	23.39502663	46.0027688	72.34491752
60.5	0	-0.059384109	1.00723	23.39502663	23.39502663	46.0027688	72.34491752
84.5	0	-0.075836571	1.01578	23.39502663	23.39502663	46.0027688	72.34491752
108.5	0	-0.518743785	1.37792	23.39502663	23.39502663	46.0027688	72.34491752
24.5	10.5	-0.738399077	1.00000	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
60.5	10.5	-0.059384109	1.00000	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
84.5	10.5	-0.075836571	1.00526	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
108.5	10.5	-0.518743785	1.12597	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
24.5	-10.5	-0.738399077	1.00000	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
60.5	-10.5	-0.059384109	1.00000	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
84.5	-10.5	-0.075836571	1.00526	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504
108.5	-10.5	-0.518743785	1.12597	46.79005326	46.79005326	46.0027688	96.42463504

Sarat : 4,8 m

x	y	kp	kl	Phf (kN/m2)	PF2 (kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(kN/m2)
19.5	0	-0.757697506	1.535477213	46.79005326	48.15943504	0	48.15944
55.5	0	-0.096269355	1.007227584	46.79005326	48.15943504	0	48.15944
79.5	0	-0.112721817	1.01578183	46.79005326	48.15943504	0	48.15944
103.5	0	-0.555629031	1.377919103	46.79005326	48.15943504	0	48.15944
19.5	10.5	-0.757697506	1	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
55.5	10.5	-0.096269355	1	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
79.5	10.5	-0.112721817	1.00526061	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
103.5	10.5	-0.555629031	1.125973034	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
19.5	-10.5	-0.757697506	1	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
55.5	-10.5	-0.096269355	1	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
79.5	-10.5	-0.112721817	1.00526061	70.18507989	72.23915255	0	72.23915
103.5	-10.5	-0.555629031	1.125973034	70.18507989	72.23915255	0	72.23915

LC 8 dan LC 9 P1

Sarat : 4,8 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	yg	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	arolly	ay	az	P1		Pcw+Pcs	Pcw	Pc
inner bottom															Pcw (kN/m)	Pcw-s (kN/m2)			
	CH4	1	1.915	0	0	24.5	10.4397	-3.785	40.075	0	4.99655	-0.25935	1.94481	4.8207	50.3264	0	50.3264	50.3264	152.739483
			1.915	0	0	60.5	10.4397	-3.785	28.7	0	3.57832	-0.25935	1.94481	4.8207	50.3264	0	50.3264	50.3264	152.739483
	CH3		1.915	0	0	60.5	11.3285	-3.785	28.7	0	3.57832	-0.25935	1.94481	4.8207	54.6113	0	54.6113	54.6113	165.743844
			1.915	0	0	84.5	11.3285	-3.785	28.7	0	3.57832	-0.25935	1.94481	4.8207	54.6113	0	54.6113	54.6113	165.743844
	CH2		1.915	0	0	84.5	11.3285	-3.785	28.7	0	3.57832	-0.25935	1.94481	4.8207	54.6113	0	54.6113	54.6113	165.743844
hopper plate	CH 4	1	1.915	0	0	108.5	11.3285	-3.785	43.925	0	5.47657	-0.25935	1.94481	4.8207	54.6113	0	54.6113	54.6113	165.743844
			1.92	0.75	0	24.5	10.4397	-3.785	40.075	0.13364	4.99655	-0.25935	1.94481	4.86079	42.7623	11.9212	128.329	54.6835	164.309331
			1.92	0.75	0	60.5	10.4397	-3.785	28.7	0.13364	3.57832	-0.25935	1.94481	4.86079	42.7623	11.9212	128.329	54.6835	164.309331
			2.63727	3.750	0	24.5	10.4397	-3.06273	40.075	0.66821	4.99655	-0.20986	1.95965	5.02116	42.6036	11.4625	122.25	54.0661	156.107447
			2.63727	3.750	0	60.5	10.4397	-3.06273	28.7	0.66821	3.57832	-0.20986	1.95965	5.02116	42.6036	11.4625	122.25	54.0661	156.107447
			4.01811	4.364	0	24.5	10.4397	-1.68189	40.075	0.77762	4.99655	-0.11524	1.98804	5.05398	37.3711	9.89796	105.7	47.2691	134.810331
			4.01811	4.364	0	60.5	10.4397	-1.68189	28.7	0.77762	3.57832	-0.11524	1.98804	5.05398	37.3711	9.89796	105.7	47.2691	134.810331
			4.44864	4.978	0	24.5	10.4397	-1.25136	40.075	0.88703	4.99655	-0.08574	1.99689	5.0868	36.0861	9.44776	100.886	45.5339	128.554192
			4.44864	4.978	0	60.5	10.4397	-1.25136	28.7	0.88703	3.57832	-0.08574	1.99689	5.0868	36.0861	9.44776	100.886	45.5339	128.554192
			5.32116	5.608	0	24.5	10.3437	-0.37884	40.075	0.99929	4.99655	-0.02596	2.01482	5.12048	32.505	8.34534	89.3675	40.8504	113.701149
			5.32116	5.608	0	60.5	10.3437	-0.37884	28.7	0.99929	3.57832	-0.02596	2.01482	5.12048	32.505	8.34534	89.3675	40.8504	113.701149
			5.77465	6.255	0	24.5	10.1704	0.07465	40.075	1.11458	4.99655	0.00512	2.02415	5.15507	30.3461	7.64257	82.0707	37.9886	104.25689
			5.77465	6.255	0	60.5	10.1704	0.07465	28.7	1.11458	3.57832	0.00512	2.02415	5.15507	30.3461	7.64257	82.0707	37.9886	104.25689
			6.23962	6.918	0	24.5	9.99272	0.53962	40.075	1.23272	4.99655	0.03698	2.0337	5.19051	28.0981	6.91152	74.5556	35.0096	94.5298048
			6.23962	6.918	0	60.5	9.99272	0.53962	28.7	1.23272	3.57832	0.03698	2.0337	5.19051	28.0981	6.91152	74.5556	35.0096	94.5298048
			6.71606	7.598	0	24.5	9.81051	1.01606	40.075	1.35388	4.99655	0.06962	2.0435	5.22686	25.7583	6.15116	66.8173	31.9094	84.5132101
			6.71606	7.598	0	60.5	9.81051	1.01606	28.7	1.35388	3.57832	0.06962	2.0435	5.22686	25.7583	6.15116	66.8173	31.9094	84.5132101
			7.20399	8.294	0	24.5	9.62402	1.50399	40.075	1.4779	4.99655	0.10305	2.05353	5.26407	23.3241	5.36092	58.8554	28.6851	74.2067986
			7.20399	8.294	0	60.5	9.62402	1.50399	28.7	1.4779	3.57832	0.10305	2.05353	5.26407	23.3241	5.36092	58.8554	28.6851	74.2067986
			7.7034	9.007	0	24.5	9.43297	2.0034	40.075	1.60495	4.99655	0.13727	2.06379	5.30218	20.7926	4.5397	50.6647	25.3323	63.603628
			7.7034	9.007	0	60.5	9.43297	2.0034	28.7	1.60495	3.57832	0.13727	2.06379	5.30218	20.7926	4.5397	50.6647	25.3323	63.603628
			8.21719	9.739	0	24.5	9.23684	2.51719	40.075	1.73539	4.99655	0.17248	2.07436	5.34131	18.147	3.68239	42.2002	21.8293	52.6457714
			8.21719	9.739	0	60.5	9.23684	2.51719	28.7	1.73539	3.57832	0.17248	2.07436	5.34131	18.147	3.68239	42.2002	21.8293	52.6457714

hopper plate	CH 3	1	1.92	0.75	0	60.5	11.3285	-3.785	28.7	0.13364	3.57832	-0.25935	1.94481	4.86079	46.3721	12.9361	139.224	59.3083	178.267712
			1.92	0.75	0	84.5	11.3285	-3.785	28.7	0.13364	3.57832	-0.25935	1.94481	4.86079	46.3721	12.9361	139.224	59.3083	178.267712
			2.63727	3.750	0	60.5	11.3285	-3.06273	28.7	0.66821	3.57832	-0.20986	1.95965	5.02116	46.3325	12.511	133.264	58.8434	170.218411
			2.63727	3.750	0	84.5	11.3285	-3.06273	28.7	0.66821	3.57832	-0.20986	1.95965	5.02116	46.3325	12.511	133.264	58.8434	170.218411
			4.01811	4.364	0	60.5	11.3285	-1.68189	28.7	0.77762	3.57832	-0.11524	1.98804	5.05398	41.1243	10.9533	143.203	52.0776	148.952523
			4.01811	4.364	0	84.5	11.3285	-1.68189	28.7	0.77762	3.57832	-0.11524	1.98804	5.05398	41.1243	10.9533	143.203	52.0776	148.952523
			4.44864	4.978	0	60.5	11.3285	-1.25136	28.7	0.88703	3.57832	-0.08574	1.99689	5.0868	39.8637	10.5099	111.949	50.3737	142.727614
			4.44864	4.978	0	84.5	11.3285	-1.25136	28.7	0.88703	3.57832	-0.08574	1.99689	5.0868	39.8637	10.5099	111.949	50.3737	142.727614
			5.32116	5.608	0	60.5	11.2326	-0.37884	28.7	0.99929	3.57832	-0.02596	2.01482	5.12048	36.3077	9.41455	93.1701	45.7222	125.858193
			5.32116	5.608	0	84.5	11.2326	-0.37884	28.7	0.99929	3.57832	-0.02596	2.01482	5.12048	36.3077	9.41455	93.1701	45.7222	125.858193
			5.77465	6.255	0	60.5	11.0592	0.07465	28.7	1.11458	3.57832	0.00512	2.02415	5.15507	34.1744	8.71899	113.838	42.8934	118.495261
			5.77465	6.255	0	84.5	11.0592	0.07465	28.7	1.11458	3.57832	0.00512	2.02415	5.15507	34.1744	8.71899	113.838	42.8934	118.495261
			6.23962	6.918	0	60.5	10.8816	0.53962	28.7	1.23272	3.57832	0.03698	2.0337	5.19051	31.9528	7.99534	104.505	39.9481	108.801897
			6.23962	6.918	0	84.5	10.8816	0.53962	28.7	1.23272	3.57832	0.03698	2.0337	5.19051	31.9528	7.99534	104.505	39.9481	108.801897
			6.71606	7.598	0	60.5	10.6994	1.01606	28.7	1.35388	3.57832	0.06962	2.0435	5.22686	29.6399	7.24258	94.9046	36.8825	98.8198873
			6.71606	7.598	0	84.5	10.6994	1.01606	28.7	1.35388	3.57832	0.06962	2.0435	5.22686	29.6399	7.24258	94.9046	36.8825	98.8198873
			7.20399	8.294	0	60.5	10.5129	1.50399	28.7	1.4779	3.57832	0.10305	2.05353	5.26407	27.2334	6.46011	85.0356	33.6935	88.5488751
			7.20399	8.294	0	84.5	10.5129	1.50399	28.7	1.4779	3.57832	0.10305	2.05353	5.26407	27.2334	6.46011	85.0356	33.6935	88.5488751
			7.7034	9.007	0	60.5	10.3218	2.0034	28.7	1.60495	3.57832	0.13727	2.06379	5.30218	24.7302	5.64685	61.8874	30.377	77.9819684
			7.7034	9.007	0	84.5	10.3218	2.0034	28.7	1.60495	3.57832	0.13727	2.06379	5.30218	24.7302	5.64685	61.8874	30.377	77.9819684
			8.21719	9.739	0	60.5	10.1257	2.51719	28.7	1.73539	3.57832	0.17248	2.07436	5.34131	22.1136	4.7977	53.452	26.9113	67.0613421
			8.21719	9.739	0	84.5	10.1257	2.51719	28.7	1.73539	3.57832	0.17248	2.07436	5.34131	22.1136	4.7977	53.452	26.9113	67.0613421

hopper plate	CH 2	1	1.92	0.75	0	84.5	11.3285	-3.785	28.7	0.13364221	3.57832	-0.259350852	1.944806593	4.860788279	46.37210607	12.93614759	139.2239453	59.30825366	178.2677118
			1.92	0.75	0	108.5	11.3285	-3.785	43.925	0.13364221	5.47657	-0.259350852	1.944806593	4.860788279	46.37210607	12.93614759	139.2239453	59.30825366	178.2677118
			2.63727	3.750	0	84.5	11.3285	-3.06273	28.7	0.668211052	3.57832	-0.209860406	1.959653727	5.021158931	46.33247184	12.51096641	133.2643663	58.84343825	170.2184109
			2.63727	3.750	0	108.5	11.3285	-3.06273	43.925	0.668211052	5.47657	-0.209860406	1.959653727	5.021158931	46.33247184	12.51096641	133.2643663	58.84343825	170.2184109
			4.01811	4.364	0	84.5	11.3285	-1.68189	28.7	0.777619475	3.57832	-0.115244281	1.988038564	5.053981458	41.12433309	10.95328107	116.7384426	52.07761416	148.9525233
			4.01811	4.364	0	108.5	11.3285	-1.68189	43.925	0.777619475	5.47657	-0.115244281	1.988038564	5.053981458	41.12433309	10.95328107	116.7384426	52.07761416	148.9525233
			4.44864	4.978	0	84.5	11.3285	-1.25136	28.7	0.887027897	3.57832	-0.085744064	1.99688863	5.086803985	39.86372819	10.50992913	111.9490828	50.37365733	142.7276138
			4.44864	4.978	0	108.5	11.3285	-1.25136	43.925	0.887027897	5.47657	-0.085744064	1.99688863	5.086803985	39.86372819	10.50992913	111.9490828	50.37365733	142.7276138
			5.32116	5.608	0	84.5	11.2326	-0.37884	28.7	0.999287354	3.57832	-0.025958382	2.014824334	5.120481822	36.30766024	9.414548877	122.9070254	45.72220911	127.9066124
			5.32116	5.608	0	108.5	11.2326	-0.37884	43.925	0.999287354	5.47657	-0.025958382	2.014824334	5.120481822	36.30766024	9.414548877	122.9070254	45.72220911	127.9066124
			5.77465	6.255	0	84.5	11.0592	0.07465	28.7	1.114576034	3.57832	0.00511507	2.02414637	5.155068426	34.17438742	8.718992709	93.18418628	42.89338013	118.4952611
			5.77465	6.255	0	108.5	11.0592	0.07465	43.925	1.114576034	5.47657	0.00511507	2.02414637	5.155068426	34.17438742	8.718992709	93.18418628	42.89338013	118.4952611
			6.23962	6.918	0	84.5	10.8816	0.53962	28.7	1.232715748	3.57832	0.036975141	2.033704391	5.19051034	31.95276303	7.99534455	85.69545018	39.94810758	108.8018965
			6.23962	6.918	0	108.5	10.8816	0.53962	43.925	1.232715748	5.47657	0.036975141	2.033704391	5.19051034	31.95276303	7.99534455	85.69545018	39.94810758	108.8018965
			6.71606	7.598	0	84.5	10.6994	1.01606	28.7	1.353884686	3.57832	0.069621143	2.043498192	5.226861021	29.6398882	7.242580531	94.90459673	36.88246873	98.81988728
			6.71606	7.598	0	108.5	10.6994	1.01606	43.925	1.353884686	5.47657	0.069621143	2.043498192	5.226861021	29.6398882	7.242580531	94.90459673	36.88246873	98.81988728
			7.20399	8.294	0	84.5	10.5129	1.50399	28.7	1.477904657	3.57832	0.103054449	2.053528183	5.264067013	27.23339232	6.460109288	70.04984762	33.69350161	88.5488751
			7.20399	8.294	0	108.5	10.5129	1.50399	43.925	1.477904657	5.47657	0.103054449	2.053528183	5.264067013	27.23339232	6.460109288	70.04984762	33.69350161	88.5488751
			7.7034	9.007	0	84.5	10.3218	2.0034	28.7	1.604953851	3.57832	0.137274372	2.06379416	5.302181771	24.73017711	5.646846212	61.88743032	30.37702332	77.98196839
			7.7034	9.007	0	108.5	10.3218	2.0034	43.925	1.604953851	5.47657	0.137274372	2.06379416	5.302181771	24.73017711	5.646846212	61.88743032	30.37702332	77.98196839
			8.21719	9.739	0	84.5	10.1257	2.51719	28.7	1.735388649	3.57832	0.172479623	2.074355736	5.34131221	22.11358576	4.797703106	53.45204635	26.91128887	67.06134212
			8.21719	9.739	0	108.5	10.1257	2.51719	43.925	1.735388649	5.47657	0.172479623	2.074355736	5.34131221	22.11358576	4.797703106	53.45204635	26.91128887	67.06134212

side plate	CH 4	1	8.75	10.5	0	24.5	10.4397	3.05	40.075	1.870990945	4.99655	0.208988137	2.08530829	5.381992899	15.17406056	0	15.17406056	15.17406056	25.95488945
				10.5	0	60.5	10.4397	3.05	28.7	1.870990945	3.57832	0.208988137	2.08530829	5.381992899	15.17406056	0	15.17406056	15.17406056	25.95488945
			12	10.5	0	24.5	10.4397	6.3	40.075	1.870990945	4.99655	0.431680414	2.152115973	5.381992899	6.603692263	0	6.603692263	6.603692263	6.348271158
				10.5	0	60.5	10.4397	6.3	28.7	1.870990945	3.57832	0.431680414	2.152115973	5.381992899	6.603692263	0	6.603692263	6.603692263	6.348271158
	CH 3		8.75	10.5	0	60.5	11.3285	3.05	28.7	1.870990945	3.57832	0.208988137	2.08530829	5.381992899	17.5659284	0	17.5659284	17.5659284	32.70652215
				10.5	0	84.5	11.3285	3.05	28.7	1.870990945	3.57832	0.208988137	2.08530829	5.381992899	17.5659284	0	17.5659284	17.5659284	32.70652215
			12	10.5	0	60.5	11.3285	6.3	28.7	1.870990945	3.57832	0.431680414	2.152115973	5.381992899	8.995560105	0	8.995560105	8.995560105	13.09990386
				10.5	0	84.5	11.3285	6.3	28.7	1.870990945	3.57832	0.431680414	2.152115973	5.381992899	8.995560105	0	8.995560105	8.995560105	13.09990386
	CH 2		8.75	10.5	0	84.5	11.3285	3.05	28.7	1.870990945	3.57832	0.208988137	2.08530829	5.381992899	17.5659284	0	17.5659284	17.5659284	32.70652215
				10.5	0	108.5	11.3285	3.05	43.925	1.870990945	5.47657	0.208988137	2.08530829	5.381992899	17.5659284	0	17.5659284	17.5659284	32.70652215
			12	10.5	0	84.5	11.3285	3.05	28.7	1.870990945	3.57832	0.208988137	2.08530829	5.381992899	8.820189936	0	8.820189936	8.820189936	12.92453369
				10.5	0	108.5	11.3285	6.3	43.925	1.870990945	5.47657	0.431680414	2.152115973	5.381992899	8.995560105	0	8.995560105	8.995560105	13.09990386

LC 8 dan LC 9 P1 Beban tekanan air laut

Sarat : 0 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m2)	Pp1 (w)(kN/m2)	Pp1 (L)(kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	76.18221116	76.18221116	25.39407039	48.2652	124.447411	73.65927039
0	-9.35	67.83844517	67.83844517	22.61281506	48.2652	116.103645	70.87801506
0	-7.95	57.68081702	57.68081702	19.22693901	48.2652	105.946017	67.49213901
0	-6.55	47.52318886	47.52318886	15.84106295	48.2652	95.7883889	64.10626295
0	-5.15	37.36556071	37.36556071	12.4551869	48.2652	85.6307607	60.7203869
0	-3.75	27.20793256	27.20793256	9.069310852	48.2652	75.4731326	57.33451085
0	-2.5	18.1386217	18.1386217	6.046207235	48.2652	66.4038217	54.31140723
0	-1.25	9.069310852	9.069310852	3.023103617	48.2652	57.3345109	51.28830362
CL	0	0	0	0	48.2652	48.2652	48.2652
PORTSIDE	1.25	9.069310852	9.069310852	3.023103617	48.2652	57.3345109	51.28830362
0	2.5	18.1386217	18.1386217	6.046207235	48.2652	66.4038217	54.31140723
0	3.75	27.20793256	27.20793256	9.069310852	48.2652	75.4731326	57.33451085
0	5.15	37.36556071	37.36556071	12.4551869	48.2652	85.6307607	60.7203869
0	6.55	47.52318886	47.52318886	15.84106295	48.2652	95.7883889	64.10626295
0	7.95	57.68081702	57.68081702	19.22693901	48.2652	105.946017	67.49213901
0	9.35	67.83844517	67.83844517	22.61281506	48.2652	116.103645	70.87801506
0	10.5	76.18221116	76.18221116	25.39407039	48.2652	124.447411	73.65927039

Sarat : 4,8 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m2)	Pp1 (w)(kN/m2)	Pp1 (L)(kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	104.518309	126.9703519	42.32345064	0	126.9704	42.32345
0	-9.35	97.55042177	118.6265859	39.54219531	0	118.6266	39.5422
0	-7.95	90.5825345	108.4689578	36.15631926	0	108.469	36.15632
0	-6.55	83.61464723	98.31132963	32.77044321	0	98.31133	32.77044
0	-5.15	76.64675996	88.15370148	29.38456716	0	88.1537	29.38457
0	-3.75	69.67887269	77.99607333	25.99869111	0	77.99607	25.99869
0	-2.5	62.71098542	68.92676247	22.97558749	0	68.92676	22.97559
0	-1.25	55.74309815	59.85745162	19.95248387	0	59.85745	19.95248
CL	0	48.77521089	50.78814077	16.92938026	0	50.78814	16.92938
PORTSIDE	1.25	55.74309815	59.85745162	19.95248387	0	59.85745	19.95248
0	2.5	62.71098542	68.92676247	22.97558749	0	68.92676	22.97559
0	3.75	69.67887269	77.99607333	25.99869111	0	77.99607	25.99869
0	5.15	76.64675996	88.15370148	29.38456716	0	88.1537	29.38457
0	6.55	83.61464723	98.31132963	32.77044321	0	98.31133	32.77044
0	7.95	90.5825345	108.4689578	36.15631926	0	108.469	36.15632
0	9.35	97.55042177	118.6265859	39.54219531	0	118.6266	39.5422
0	10.5	104.518309	126.9703519	42.32345064	0	126.9704	42.32345

Alternate Load LC 10, 11, 12 H1 F2

Sarat : 6,4 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	apitchx	ax	az	H1	Pcw (kN/m2)	Pcw-s (kN/m2)	Pcw+Pcs	Pcw	Pcw-s	Pcw+Pcs	Pcw	P
inner bottom	CH4	3	1.915	0	24.5	4.960242598	-4.585	40.075	0	4.66583	-0.31544	0.834592426	7.558243051	118.1056563	0	264.085596	0	0	145.9799397	118.1056563	264.086	
			1.915	0	60.5	4.960242598	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	98.39820075	0	244.3781404	0	0	145.9799397	98.39820075	244.378	
	CH3		1.915	0	60.5	5.12093825	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	101.403474	0	252.1126867	0	0	150.7092127	101.403474	252.113	
			1.915	0	84.5	5.12093825	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	101.403474	0	252.1126867	0	0	150.7092127	101.403474	252.113	
	CH2		1.915	0	84.5	5.12093825	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	101.403474	0	252.1126867	0	0	150.7092127	101.403474	252.113	
			1.915	0	108.5	5.12093825	-4.585	43.925	0	5.11407	-0.31544	0.834592426	8.006488313	128.6356956	0	279.3449083	0	0	150.7092127	128.6356956	279.345	
hopper plate	CH 4	3	1.92	0.75	24.5	4.960242598	-4.585	40.075	0.13364221	4.66583	-0.31544	0.834592426	7.558243051	99.60455281	26.4223141	221.5715275	0	0			126.0268669	282.288
			1.92	0.75	60.5	4.960242598	-4.585	28.7	0.13364221	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	83.13887444	21.79257646	205.1058492	0	0	54.88513862	104.9314509	261.191	
			2.63727	3.750	24.5	4.960242598	-3.86273	40.075	0.66821105	4.66583	-0.26575	0.884283366	7.558243051	86.25666956	22.5749126	190.4638099	0	0			108.8315822	242.339
			2.63727	3.750	60.5	4.960242598	-3.86273	28.7	0.66821105	3.34146	-0.26575	0.884283366	6.23388205	72.18858875	18.61931953	176.3957291	0	0	46.89321317	90.80790827	224.315	
			4.01811	4.364	24.5	4.960242598	-2.48189	40.075	0.77761947	4.66583	-0.17075	0.979282796	7.558243051	60.73810849	15.21942797	130.991894	0	0			75.95753646	165.965
			4.01811	4.364	60.5	4.960242598	-2.48189	28.7	0.77761947	3.34146	-0.17075	0.979282796	6.23388205	51.25376867	12.55266841	121.5075541	0	0	31.61420346	63.80643709	153.814	
			4.44864	4.978	24.5	4.960242598	-2.05136	40.075	0.8870279	4.66583	-0.14113	1.008902523	7.558243051	52.78171521	12.92607262	112.4492359	0	0			65.70777873	142.152
			4.44864	4.978	60.5	4.960242598	-2.05136	28.7	0.8870279	3.34146	-0.14113	1.008902523	6.23388205	44.72653301	10.66115651	104.3940537	0	0	26.8503843	55.38768952	131.832	
			5.32116	5.608	24.5	4.864316787	-1.17884	40.075	0.99928735	4.66583	-0.0811	1.068930406	7.558243051	34.83984243	7.767337156	70.6943331	0	0			42.60717958	88.5431
			5.32116	5.608	60.5	4.864316787	-1.17884	28.7	0.99928735	3.34146	-0.0811	1.068930406	6.23388205	29.99944598	6.406338529	65.85393665	0	0	16.13452081	36.4057845	82.3417	
			5.77465	6.255	24.5	4.69095366	-0.72535	40.075	1.11457603	4.66583	-0.0499	1.100129743	7.558243051	23.17479923	4.428204059	43.61565276	0	0			27.60300328	53.7913
			5.77465	6.255	60.5	4.69095366	-0.72535	28.7	1.11457603	3.34146	-0.0499	1.100129743	6.23388205	20.41526108	3.652290831	40.85611461	0	0	9.19838409	24.06755191	50.2559	
			6.23962	6.918	24.5	4.513303345	-0.26038	40.075	1.23271575	4.66583	-0.01791	1.132118883	7.558243051	11.32163802	1.005802012	15.8558986	0	0			12.22146222	18.1655
			6.23962	6.918	60.5	4.513303345	-0.26038	28.7	1.23271575	3.34146	-0.01791	1.132118883	6.23388205	10.59004002	0.82897079	15.22955841	0	0	2.087783278	11.41901081	17.363	
			6.71606	7.598	24.5	4.331097894	0.21606	40.075	1.35388469	4.66583	0.01486	1.16489714	7.558243051	-1.040360689	-2.503403035	-12.5961635	0	0			-3.543709124	-18.3488
			6.71606	7.598	60.5	4.331097894	0.21606	28.7	1.35388469	3.34146	0.01486	1.16489714	6.23388205	0.519747623	-2.064754882	-11.0361098	0	0	-5.20013584	-1.54500726	-16.3501	
			7.20399	8.294	24.5	4.144605256	0.70399	40.075	1.47790466	4.66583	0.04843	1.198465889	7.558243051	-13.59055301	-6.0959303	-41.7297301	0	0			-19.68648331	-55.7377
			7.20399	8.294	60.5	4.144605256	0.70399	28.7	1.47790466	3.34146	0.04843	1.198465889	6.23388205	-9.791732539	-5.027796833	-37.9309097	0	0	-12.6626297	-14.81952937	-50.8707	
			7.7034	9.007	24.5	3.953557482	1.2034	40.075	1.60495385	4.66583	0.08279	1.232824443	7.558243051	-26.43925201	-9.773873832	-71.5560354	0	0			-36.21312584	-94.0156
			7.7034	9.007	60.5	3.953557482	1.2034	28.7	1.60495385	3.34146	0.08279	1.232824443	6.23388205	-20.34843565	-8.061288348	-65.4652191	0	0	-20.3025525	-28.409724	-86.2122	
			8.21719	9.739	24.5	3.757418673	1.71719	40.075	1.73538865	4.66583	0.11814	1.268172316	7.558243051	-39.65014894	-13.55553604	-102.22331	0	0			-53.20568498	-133.373
			8.21719	9.739	60.5	3.757418673	1.71719	28.7	1.73538865	3.34146	0.11814	1.268172316	6.23388205	-31.20270199	-11.18032487	-93.7758633	0	0	-28.1579226	-42.38302687	-122.55	
hopper plate	CH 3	3	1.92	0.75	60.5	5.12093825	-4.585	28.7	0.13364221	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	83.77196239	22.49858472	209.6902685	0	0			106.2705471	267.594
			1.92	0.75	84.5	5.12093825	-4.585	28.7	0.13364221	3.34146	-0.31544	0.834592426	6.23388205	83.77196239	22.49858472	209.6902685	0	0	56.66323777	106.2705471	267.594	
			2.63727	3.750	60.5	5.12093825	-3.86273	28.7	0.66821105	3.34146	-0.26575	0.884283366	6.23388205	72.70987208	19.32532779	180.8683439	0	0			92.03519988	230.605
			2.63727	3.750	84.5	5.12093825	-3.86273	28.7	0.66821105	3.34146	-0.26575	0.884283366	6.23388205	72.70987208	19.32532779	180.8683439	0	0	48.67131232	92.03519988	230.605	
			4.01811	4.364	60.5	5.12093825	-2.48189	28.7	0.77761947	3.34146	-0.17075	0.979282796	6.23388205	51.56130329	13.25867668	84.9536059	0	0			64.81997997	159.89
			4.01811	4.364	84.5	5.12093825	-2.48189	28.7	0.77761947	3.34146	-0.17075	0.979282796	6.23388205	51.56130329	13.25867668	84.9536059	0	0	33.39230261	64.81997997	159.89	
			4.44864	4.978	60.5	5.12093825	-2.05136	28.7	0.8870279	3.34146	-0.14113	1.008902523	6.23388205	44.96742324	11.36716477	108.5862753	0	0			56.33458802	137.841
			4.44864	4.978	84.5	5.12093825	-2.05136	28.7	0.8870279	3.34146	-0.14113	1.008902523	6.23388205	44.96742324	11.36716477	108.5862753	0	0	28.62848345	56.33458802	137.841	
			5.32116	5.608	60.5	5.025012439	-1.17884	28.7	0.99928735	3.34146	-0.0811	1.068930406	6.23388205	30.10527347	7.112346796	65.95976415	0	0			37.21762027	87.1048
			5.32116	5.608	84.5	5.025012439	-1.17884	28.7	0.99928735	3.34146	-0.0811	1.068930406	6.23388205	30.10527347	7.112346796	65.95976415	0	0	17.91261995	37.21762027	87.1048	
			5.77465	6.255	60.5	4.851649312	-0.72535	28.7	1.11457603	3.34146	-0.0499	1.100129743	6.23388205	20.45089006	4.358299098	31.4273733	0	0			24.80918916	56.0598
			5.77465	6.255	84.5	4.851649312	-0.72535	28.7	1.11457603	3.34146	-0.0499	1.100129743	6.23388205	20.45089006	4.358299098	31.4273733	0	0	10.97648324	24.80918916	56.0598	
			6.23962	6.918	60.5	4.673998997	-0.26038	28.7	1.23271575	3.34146	-0.01791	1.132118883	6.23388205	10.55369344	1.534979057	14.41957587	0	0			12.0886725	23.0951
			6.23962	6.918	84.5	4.673998997	-0.26038	28.7	1.23271575	3.34146	-0.01791	1.132118883	6.23388205	10.55369344	1.534979057	14.41957587	0	0	3.865882425	12.0886725	23.0951	
			6.71606	7.598	60.5	4.491793546	0.21606	28.7	1.35388469	3.34146	0.01486	1.16489714	6.23388205	0.409649967	-1.358746615	-3.01238673	0	0			-0.949096648	-10.6918
			6.71606	7.598	84.5	4.491793546	0.21606	28.7	1.35388469	3.34146	0.01486	1.16489714	6.23388205	0.409649967	-1.358746615	-3.01238673	0	0	-3.4220367	-0.949096648	-10.6918	
			7.20399	8.294	60.5	4.305300908	0.70399	28.7	1.47790466	3.34146	0.04843	1.198465889	6.23388205	-9.977359881	-4.32178856	-80.8618904	0	0			-14.29914845	-45.288
			7.20399	8.294	84.5	4.305300908	0.70399	28.7	1.47790466	3.34146	0.04843	1.198465889	6.23388205	-9.977359881	-4.32178856	-80.8618904	0	0	-10.8845306	-14.29914845	-45.288	
			7.7034	9.007	60.5	4.114253134	1.2034	28.7	1.60495385	3.34146	0.08279	1.232824443	6.23388205	-20.61136974	-7.355280081	-61.7768217	0	0		</		

hopper plate	CH 2	3	1.92	0.75	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31544	0.83459	6.23388	83.772	22.4986	209.69	0	0	56.6632	106.271	267.594
			1.92	0.75	108.5	5.12094	-4.585	43.925	0.13364	5.11407	-0.31544	0.83459	8.00649	106.525	28.8961	232.443	0	0		135.421	296.744
			2.63727	3.750	84.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26575	0.88428	6.23388	72.7099	19.3253	180.868	0	0	48.6713	92.0352	230.605
			2.63727	3.750	108.5	5.12094	-3.86273	43.925	0.66821	5.11407	-0.26575	0.88428	8.00649	92.2534	24.8205	200.412	0	0		117.074	255.644
			4.01811	4.364	84.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17075	0.97928	6.23388	51.5613	13.2587	125.766	0	0	33.3923	64.82	159.89
			4.01811	4.364	108.5	5.12094	-2.48189	43.925	0.77762	5.11407	-0.17075	0.97928	8.00649	64.9697	17.0288	139.175	0	0		81.9985	177.068
			4.44864	4.978	84.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14113	1.0089	6.23388	44.9674	11.3672	108.586	0	0	28.6285	56.3346	137.841
			4.44864	4.978	108.5	5.12094	-2.05136	43.925	0.88703	5.11407	-0.14113	1.0089	8.00649	56.463	14.5994	120.082	0	0		71.0624	152.569
			5.32116	5.608	84.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.0811	1.06893	6.23388	30.1053	7.11235	48.0179	0	0	17.9126	37.2176	88.2158
			5.32116	5.608	108.5	5.02501	-1.17884	43.925	0.99929	5.11407	-0.0811	1.06893	8.00649	37.2979	9.13474	55.2106	0	0		46.4327	97.4309
			5.77465	6.255	84.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0499	1.10013	6.23388	20.4509	4.3583	44.8431	0	0	10.9765	24.8092	56.0598
			5.77465	6.255	108.5	4.85165	-0.72535	43.925	1.11458	5.11407	-0.0499	1.10013	8.00649	24.8584	5.59758	49.2506	0	0		30.456	61.7066
			6.23962	6.918	84.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01791	1.13212	6.23388	10.5537	1.53498	19.1445	0	0	3.86588	12.0887	23.0951
			6.23962	6.918	108.5	4.674	-0.26038	43.925	1.23272	5.11407	-0.01791	1.13212	8.00649	12.106	1.97145	20.6969	0	0		14.0775	25.0838
			6.71606	7.598	84.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.01486	1.1649	6.23388	0.40965	-1.35875	-3.01239	0	0	-3.42204	-0.9491	-10.6918
			6.71606	7.598	108.5	4.49179	0.21606	43.925	1.35388	5.11407	0.01486	1.1649	8.00649	-0.96444	-1.74511	-4.38648	0	0		-2.70955	-12.4523
			7.20399	8.294	84.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04843	1.19847	6.23388	-9.97736	-4.32179	-34.1652	0	0	-10.8845	-14.2991	-45.288
			7.20399	8.294	108.5	4.3053	0.70399	43.925	1.4779	5.11407	0.04843	1.19847	8.00649	-14.348	-5.55069	-38.5358	0	0		-19.8986	-50.8875
			7.7034	9.007	84.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08279	1.23282	6.23388	-20.6114	-7.35528	-61.7768	0	0	-18.5245	-27.9666	-80.7068
			7.7034	9.007	108.5	4.11425	1.2034	43.925	1.60495	5.11407	0.08279	1.23282	8.00649	-28.0497	-9.44676	-69.2152	0	0		-37.4965	-90.2366
			8.21719	9.739	84.5	3.91811	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11814	1.26817	6.23388	-31.5452	-10.4743	-90.167	0	0	-26.3798	-42.0195	-117.124
			8.21719	9.739	108.5	3.91811	1.71719	43.925	1.73539	5.11407	0.11814	1.26817	8.00649	-42.1378	-13.4527	-100.76	0	0		-55.5905	-130.695

LC 10 P1, sarat : 6,4 m

bagian	cargo hold	pc	z	y	yg	x	hc	R	(x-0.45L)	arollz	apitchz	arolly	ay	az	P1	Pcw+Pcs	Pcw	Pc	
inner bottom															Pcw (kN/t)	Pcw-s (kN/m2)			
	CH4	3	1.915	0	0	24.5	4.96024	-4.585	40.075	0	4.66583	-0.31417	1.92836	4.8207	71.7355	0	71.7355	217.715399	
			1.915	0	0	60.5	4.96024	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	71.7355	0	71.7355	217.715399	
	CH3		1.915	0	0	60.5	5.12094	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	74.0595	0	74.0595	224.768666	
			1.915	0	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	74.0595	0	74.0595	224.768666	
			1.915	0	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0	3.34146	-0.31417	1.92836	4.8207	74.0595	0	74.0595	224.768666	
			1.915	0	0	108.5	5.12094	-4.585	43.925	0	5.11407	-0.31417	1.92836	4.8207	74.0595	0	74.0595	224.768666	
hopper plate	CH 4	3	1.92	0.75	0	24.5	4.96024	-4.585	40.075	0.13364	4.66583	-0.31417	1.92836	4.86079	61.5185	16.9925	183.485	78.511	234.77203
			1.92	0.75	0	60.5	4.96024	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31417	1.92836	4.86079	61.5185	16.9925	183.485	78.511	234.77203
			2.63727	3.750	0	24.5	4.96024	-3.86273	40.075	0.66821	4.66583	-0.26468	1.94321	5.02116	58.8027	14.9972	163.01	73.7999	207.3075
			2.63727	3.750	0	60.5	4.96024	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26468	1.94321	5.02116	58.8027	14.9972	163.01	73.7999	207.3075
			4.01811	4.364	0	24.5	4.96024	-2.48189	40.075	0.77762	4.66583	-0.17006	1.97159	5.05398	42.6468	10.1768	112.901	52.8236	142.831034
			4.01811	4.364	0	60.5	4.96024	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17006	1.97159	5.05398	42.6468	10.1768	112.901	52.8236	142.831034
			4.44864	4.978	0	24.5	4.96024	-2.05136	40.075	0.88703	4.66583	-0.14056	1.98044	5.0868	38.3335	8.69943	98.0011	47.033	123.477503
			4.44864	4.978	0	60.5	4.96024	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14056	1.98044	5.0868	38.3335	8.69943	98.0011	47.033	123.477503
			5.32116	5.608	0	24.5	4.86432	-1.17884	40.075	0.99929	4.66583	-0.08077	1.99838	5.12048	27.12	5.26214	62.9745	32.3821	78.3180068
			5.32116	5.608	0	60.5	4.86432	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.08077	1.99838	5.12048	27.12	5.26214	62.9745	32.3821	78.3180068
			5.77465	6.255	0	24.5	4.69095	-0.72535	40.075	1.11458	4.66583	-0.0497	2.0077	5.15507	20.1601	3.02024	40.601	23.1804	49.3686668
			5.77465	6.255	0	60.5	4.69095	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0497	2.0077	5.15507	20.1601	3.02024	40.601	23.1804	49.3686668
			6.23962	6.918	0	24.5	4.5133	-0.26038	40.075	1.23272	4.66583	-0.01784	2.01726	5.19051	12.9213	0.69023	17.5609	13.6116	19.5555985
			6.23962	6.918	0	60.5	4.5133	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784	2.01726	5.19051	12.9213	0.69023	17.5609	13.6116	19.5555985
			6.71606	7.598	0	24.5	4.3311	0.21606	40.075	1.35388	4.66583	0.0148	2.02705	5.22686	5.39409	-1.73121	-6.16177	3.66288	-11.142198
			6.71606	7.598	0	60.5	4.3311	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.0148	2.02705	5.22686	5.39409	-1.73121	-6.16177	3.66288	-11.142198
			7.20399	8.294	0	24.5	4.14461	0.70399	40.075	1.4779	4.66583	0.04824	2.03708	5.26407	-2.42787	-4.24561	-30.567	-6.67348	-42.724692
			7.20399	8.294	0	60.5	4.14461	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04824	2.03708	5.26407	-2.42787	-4.24561	-30.567	-6.67348	-42.724692
			7.7034	9.007	0	24.5	3.95356	1.2034	40.075	1.60495	4.66583	0.08246	2.04735	5.30218	-10.5547	-6.85647	-55.6715	-17.4112	-75.213664
			7.7034	9.007	0	60.5	3.95356	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08246	2.04735	5.30218	-10.5547	-6.85647	-55.6715	-17.4112	-75.213664
			8.21719	9.739	0	24.5	3.75742	1.71719	40.075	1.73539	4.66583	0.11766	2.05791	5.34131	-19.0381	-9.57952	-81.6113	-28.6176	-108.7848
			8.21719	9.739	0	60.5	3.75742	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11766	2.05791	5.34131	-19.0381	-9.57952	-81.6113	-28.6176	-108.7848
hopper plate	CH 3	3	1.92	0.75	0	60.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31417	1.92836	4.86079	63.4764	17.543	189.395	81.0193	242.342736
			1.92	0.75	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.31417	1.92836	4.86079	63.4764	17.543	189.395	81.0193	242.342736
			2.63727	3.750	0	60.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26468	1.94321	5.02116	60.8252	15.5658	168.984	76.391	214.960964
			2.63727	3.750	0	84.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.26468	1.94321	5.02116	60.8252	15.5658	168.984	76.391	214.960964
			4.01811	4.364	0	60.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17006	1.97159	5.05398	44.6825	10.7492	78.0748	55.4317	150.501435
			4.01811	4.364	0	84.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.17006	1.97159	5.05398	44.6825	10.7492	78.0748	55.4317	150.501435
			4.44864	4.978	0	60.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14056	1.98044	5.0868	40.3824	9.27553	104.001	49.658	131.164841
			4.44864	4.978	0	84.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.14056	1.98044	5.0868	40.3824	9.27553	104.001	49.658	131.164841
			5.32116	5.608	0	60.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.08077	1.99838	5.12048	29.1825	5.84205	65.0369	35.0245	84.9117089
			5.32116	5.608	0	84.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.08077	1.99838	5.12048	29.1825	5.84205	65.0369	35.0245	84.9117089
			5.77465	6.255	0	60.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0497	2.0077	5.15507	22.2365	3.60407	33.213	25.8406	57.0912327
			5.77465	6.255	0	84.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.0497	2.0077	5.15507	22.2365	3.60407	33.213	25.8406	57.0912327
			6.23962	6.918	0	60.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784	2.01726	5.19051	15.012	1.27807	18.8779	16.2901	27.2964538
			6.23962	6.918	0	84.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784	2.01726	5.19051	15.012	1.27807	18.8779	16.2901	27.2964538
			6.71606	7.598	0	60.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.0148	2.02705	5.22686	7.4994	-1.13925	4.07736	6.36014	-3.3825843
			6.71606	7.598	0	84.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.0148	2.02705	5.22686	7.4994	-1.13925	4.07736	6.36014	-3.3825843
			7.20399	8.294	0	60.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04824	2.03708	5.26407	-0.30757	-3.64944	-11.1921	-3.95701	-34.945879
			7.20399	8.294	0	84.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.04824	2.03708	5.26407	-0.30757	-3.64944	-11.1921	-3.95701	-34.945879
			7.7034	9.007	0	60.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08246	2.04735	5.30218	-8.41905	-6.25598	-49.5845	-14.675	-67.415182
			7.7034	9.007	0	84.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.08246	2.04735	5.30218	-8.41905	-6.25598	-49.5845	-14.675	-67.415182
			8.21719	9.739	0	60.5	3.91811	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11766	2.05791	5.34131	-16.8867	-8.9746	-75.5085	-25.8613	-100.96612
			8.21719	9.739	0	84.5	3.91811	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.11766	2.05791	5.34131	-16.8867	-8.9746	-75.5085	-25.8613	-100.96612

hopper plate	CH 2	3	1.92	0.75	0	84.5	5.12094	-4.585	28.7	0.13364	3.34146	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	63.4763677	17.5429782	189.3946739	81.0193459	242.3427358
			1.92	0.75	0	108.5	5.12094	-4.585	43.925	0.13364	5.11407	-0.314167413	1.928361625	4.860788279	63.4763677	17.5429782	189.3946739	81.0193459	242.3427358
			2.63727	3.750	0	84.5	5.12094	-3.86273	28.7	0.66821	3.34146	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	60.82520091	15.56582904	168.9836727	76.39102995	214.9609635
			2.63727	3.750	0	108.5	5.12094	-3.86273	43.925	0.66821	5.11407	-0.264676966	1.943208759	5.021158931	60.82520091	15.56582904	168.9836727	76.39102995	214.9609635
			4.01811	4.364	0	84.5	5.12094	-2.48189	28.7	0.77762	3.34146	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	44.68251462	10.74917773	118.8876315	55.43169235	150.5014354
			4.01811	4.364	0	108.5	5.12094	-2.48189	43.925	0.77762	5.11407	-0.170060842	1.971593596	5.053981458	44.68251462	10.74917773	118.8876315	55.43169235	150.5014354
			4.44864	4.978	0	84.5	5.12094	-2.05136	28.7	0.88703	3.34146	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	40.38242988	9.275526647	104.001282	49.65795652	131.1648414
			4.44864	4.978	0	108.5	5.12094	-2.05136	43.925	0.88703	5.11407	-0.140560625	1.980443661	5.086803985	40.38242988	9.275526647	104.001282	49.65795652	131.1648414
			5.32116	5.608	0	84.5	5.02501	-1.17884	28.7	0.99929	3.34146	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	29.18245054	5.842048693	47.09507049	35.02449923	86.02272466
			5.32116	5.608	0	108.5	5.02501	-1.17884	43.925	0.99929	5.11407	-0.080774943	1.998379366	5.120481822	29.18245054	5.842048693	47.09507049	35.02449923	86.02272466
			5.77465	6.255	0	84.5	4.85165	-0.72535	28.7	1.11458	3.34146	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	22.23650714	3.60406724	46.62869211	25.84057438	57.09123274
			5.77465	6.255	0	108.5	4.85165	-0.72535	43.925	1.11458	5.11407	-0.04970149	2.007701402	5.155068426	22.23650714	3.60406724	46.62869211	25.84057438	57.09123274
			6.23962	6.918	0	84.5	4.674	-0.26038	28.7	1.23272	3.34146	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	15.01200361	1.27806792	23.60285345	16.29007153	27.29645384
			6.23962	6.918	0	108.5	4.674	-0.26038	43.925	1.23272	5.11407	-0.01784142	2.017259423	5.19051034	15.01200361	1.27806792	23.60285345	16.29007153	27.29645384
			6.71606	7.598	0	84.5	4.49179	0.21606	28.7	1.35388	3.34146	0.014804583	2.027053224	5.226861021	7.499399238	-1.13925475	4.077362542	6.36014449	-3.38258434
			6.71606	7.598	0	108.5	4.49179	0.21606	43.925	1.35388	5.11407	0.014804583	2.027053224	5.226861021	7.499399238	-1.13925475	4.077362542	6.36014449	-3.38258434
			7.20399	8.294	0	84.5	4.3053	0.70399	28.7	1.4779	3.34146	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-0.307573671	-3.64944098	-24.4954194	-3.957014652	-34.9458786
			7.20399	8.294	0	108.5	4.3053	0.70399	43.925	1.4779	5.11407	0.048237888	2.037083215	5.264067013	-0.307573671	-3.64944098	-24.4954194	-3.957014652	-34.9458786
			7.7034	9.007	0	84.5	4.11425	1.2034	28.7	1.60495	3.34146	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-8.419054063	-6.25597848	-49.584506	-14.67503255	-67.4151818
			7.7034	9.007	0	108.5	4.11425	1.2034	43.925	1.60495	5.11407	0.082457811	2.047349192	5.302181771	-8.419054063	-6.25597848	-49.584506	-14.67503255	-67.4151818
			8.21719	9.739	0	84.5	3.91811	1.71719	28.7	1.73539	3.34146	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-16.88670054	-8.97459957	-75.5085304	-25.86130011	-100.966125
			8.21719	9.739	0	108.5	3.91811	1.71719	43.925	1.73539	5.11407	0.117663062	2.057910767	5.34131221	-16.88670054	-8.97459957	-75.5085304	-25.86130011	-100.966125

Beban tekanan air laut LC 10 H1 dan F2

Sarat : 0 m

x	y	kp	kl	Phf (H) (kN/m2)	Phf (F) (kN/m2)	PH1 (kN/m2)	PF2 (kN/m2)	Ps (kN/m2)	PH1 (kN/m2)	PF2 (kN/m2)	
24.5		0	-0.632635695	1.535477213	27.36591721	25.22273456	26.5831889	25.22273456	64.3536	90.93678886	89.57633456
60.5		0	-0.3165773	1.007227584	27.36591721	25.22273456	8.72604385	25.22273456	64.3536	73.07964385	89.57633456
84.5		0	-0.324803532	1.01578183	27.36591721	25.22273456	9.02882409	25.22273456	64.3536	73.38242409	89.57633456
108.5		0	-0.546257138	1.377919103	27.36591721	25.22273456	20.5982752	25.22273456	64.3536	84.95187515	89.57633456
24.5	10.5		-0.632635695	1	54.73183442	50.44546912	34.6253121	50.44546912	64.3536	98.9789121	114.7990691
60.5	10.5		-0.3165773	1	54.73183442	50.44546912	17.3268564	50.44546912	64.3536	81.68045639	114.7990691
84.5	10.5		-0.324803532	1.00526061	54.73183442	50.44546912	17.8706115	50.44546912	64.3536	82.22421146	114.7990691
108.5	10.5		-0.546257138	1.125973034	54.73183442	50.44546912	33.6639536	50.44546912	64.3536	98.0175536	114.7990691
24.5	-10.5		-0.632635695	1	54.73183442	50.44546912	34.6253121	50.44546912	64.3536	98.9789121	114.7990691
60.5	-10.5		-0.3165773	1	54.73183442	50.44546912	17.3268564	50.44546912	64.3536	81.68045639	114.7990691
84.5	-10.5		-0.324803532	1.00526061	54.73183442	50.44546912	17.8706115	50.44546912	64.3536	82.22421146	114.7990691
108.5	-10.5		-0.546257138	1.125973034	54.73183442	50.44546912	33.6639536	50.44546912	64.3536	98.0175536	114.7990691

Sarat : 6,4 m

x	y	kp	kl	Phf (H) (kN	Phf (F) (kN	PH1 (kN/m	PF2 (kN/m2)	Ps (kN/m2	PH1 (kN/m2)	PF2 (kN/m2)
19.5	0	-0.632635695	1.535477213	53.17557	49.01109	53.16638	50.44546912	0	53.16637772	50.44546912
55.5	0	-0.3165773	1.007227584	53.17557	49.01109	17.45209	50.44546912	0	17.45208769	50.44546912
79.5	0	-0.324803532	1.01578183	53.17557	49.01109	18.05765	50.44546912	0	18.05764817	50.44546912
103.5	0	-0.546257138	1.377919103	53.17557	49.01109	41.19655	50.44546912	0	41.19655031	50.44546912
19.5	10.5	-0.632635695	1	79.76336	73.51663	51.93797	75.66820368	0	51.93796815	75.66820368
55.5	10.5	-0.3165773	1	79.76336	73.51663	25.99028	75.66820368	0	25.99028459	75.66820368
79.5	10.5	-0.324803532	1.00526061	79.76336	73.51663	26.80592	75.66820368	0	26.80591719	75.66820368
103.5	10.5	-0.546257138	1.125973034	79.76336	73.51663	50.49593	75.66820368	0	50.4959304	75.66820368
19.5	-10.5	-0.632635695	1	79.76336	73.51663	51.93797	75.66820368	0	51.93796815	75.66820368
55.5	-10.5	-0.3165773	1	79.76336	73.51663	25.99028	75.66820368	0	25.99028459	75.66820368
79.5	-10.5	-0.324803532	1.00526061	79.76336	73.51663	26.80592	75.66820368	0	26.80591719	75.66820368
103.5	-10.5	-0.546257138	1.125973034	79.76336	73.51663	50.49593	75.66820368	0	50.4959304	75.66820368

Beban tekanan air laut LC 10 P1

Sarat : 0 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m2)	Pp1 (w)(kN/m2)	Pp1 (L)(kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	78.765	78.765	26.255	61.337	146.510	91.739
	-9.35	70.138	70.138	23.379	61.337	137.512	88.740
	-7.95	59.636	59.636	19.879	61.337	126.558	85.088
	-6.55	49.134	49.134	16.378	61.337	115.604	81.437
	-5.15	38.632	38.632	12.877	61.337	104.650	77.786
	-3.75	28.130	28.130	9.377	61.337	93.695	74.134
	-2.5	18.754	18.754	6.251	61.337	83.915	70.874
	-1.25	9.377	9.377	3.126	61.337	74.134	67.614
CL	0	0.000	0.000	0.000	61.337	64.354	64.354
PORTSIDE	1.25	9.377	9.377	3.126	61.337	74.134	67.614
	2.5	18.754	18.754	6.251	61.337	83.915	70.874
	3.75	28.130	28.130	9.377	61.337	93.695	74.134
	5.15	38.632	38.632	12.877	61.337	104.650	77.786
	6.55	49.134	49.134	16.378	61.337	115.604	81.437
	7.95	59.636	59.636	19.879	61.337	126.558	85.088
	9.35	70.138	70.138	23.379	61.337	137.512	88.740
	10.5	78.765	78.765	26.255	61.337	146.510	91.739

Sarat : 6,4 m

Pos	y(m)	Pp(kN/m2)	Pp1 (w)(kN/m2)	Pp1 (L)(kN/m2)	Ps (kN/m2)	P(W)	P(L)
STARBOARD	-10.5	112.521	131.275	43.758	0.000	136.928	45.643
	-9.35	105.020	122.648	40.883	0.000	127.930	42.643
	-7.95	97.518	112.146	37.382	0.000	116.976	38.992
	-6.55	90.017	101.644	33.881	0.000	106.021	35.340
	-5.15	82.516	91.142	30.381	0.000	95.067	31.689
	-3.75	75.014	80.640	26.880	0.000	84.113	28.038
	-2.5	67.513	71.263	23.754	0.000	74.332	24.777
	-1.25	60.011	61.887	20.629	0.000	64.552	21.517
CL	0	52.510	52.510	17.503	0.000	54.771	18.257
PORTSIDE	1.25	60.011	61.887	20.629	0.000	64.552	21.517
	2.5	67.513	71.263	23.754	0.000	74.332	24.777
	3.75	75.014	80.640	26.880	0.000	84.113	28.038
	5.15	82.516	91.142	30.381	0.000	95.067	31.689
	6.55	90.017	101.644	33.881	0.000	106.021	35.340
	7.95	97.518	112.146	37.382	0.000	116.976	38.992
	9.35	105.020	122.648	40.883	0.000	127.930	42.643
	10.5	112.521	131.275	43.758	0.000	136.928	45.643

LC 13 dan LC 14 R1, weather side

Sarat : 5,312 m

					P1	R1
bagian	ruang muat	z	y	x	Pbw+Pbs	Pbw+Pbs
bottom plate	CH4	0	0	60.5	194.0337	146.7254
	CH3	0	0	84.5	194.0337	146.7254
	CH2	0	0	108.5	194.0337	146.7254
side girder 1	C4	0	1.875	60.5	139.0137	97.03708
		0.475	1.875	60.5	131.7259	91.00977
		0.95	1.875	60.5	124.4382	84.98246
	C3	0	1.875	84.5	139.0137	97.03708
		0.475	1.875	84.5	131.7259	91.00977
		0.95	1.875	84.5	124.4382	84.98246
	C2	0	1.875	108.5	139.0137	97.03708
		0.475	1.875	108.5	131.7259	91.00977
		0.95	1.875	108.5	124.4382	84.98246
side girder 2	C4	0	3.75	60.5	145.9625	110.935
		0.475	3.75	60.5	138.6747	104.9076
		0.95	3.75	60.5	131.387	98.88033
	C3	0	3.75	84.5	145.9625	110.935
		0.475	3.75	84.5	138.6747	104.9076
		0.95	3.75	84.5	131.387	98.88033
	C2	0	3.75	108.5	145.9625	110.935
		0.475	3.75	108.5	138.6747	104.9076
		0.95	3.75	108.5	131.387	98.88033
center girder	C4	0	0	60.5	132.0649	83.13921
		0.475	0	60.5	124.7771	77.1119
		0.95	0	60.5	117.4894	71.08459
	C3	0	0	84.5	132.0649	83.13921
		0.475	0	84.5	124.7771	77.1119
		0.95	0	84.5	117.4894	71.08459
	C2	0	0	108.5	132.0649	83.13921
		0.475	0	108.5	124.7771	77.1119
		0.95	0	108.5	117.4894	71.08459
inner bottom plate	C4	0.95	0	60.5	122.3176	77.91401
	C3	0.95	0	84.5	122.3176	77.91401
	C2	0.95	0	108.5	122.3176	77.91401

	HOPER SIDE					
bottom plate	C4	0	0	60.5	170.1493	127.3699
		0	0	60.5	175.0763	132.2969
		0	0	60.5	180.0034	137.224
		0	0	60.5	184.7294	141.95
	C3	0	0	84.5	170.1493	127.3699
		0	0	84.5	175.0763	132.2969
		0	0	84.5	180.0034	137.224
		0	0	84.5	184.7294	141.95
	C2	0	0	108.5	170.1493	127.3699
		0	0	108.5	175.0763	132.2969
		0	0	108.5	180.0034	137.224
		0	0	108.5	184.7294	141.95

side plate	C4	1.75	10.5	60.5	170.7615	159.5063
		3.15	10.5	60.5	148.6679	139.6951
		4.55	10.5	60.5	126.5742	119.8839
		5.95	10.5	60.5	104.4805	100.0727
		7.35	10.5	60.5	82.38679	80.26153
		8.75	10.5	60.5	60.2931	60.45035
	C3	1.75	10.5	84.5	170.7615	159.5063
		3.15	10.5	84.5	148.6679	139.6951
		4.55	10.5	84.5	126.5742	119.8839
		5.95	10.5	84.5	104.4805	100.0727
		7.35	10.5	84.5	82.38679	80.26153
		8.75	10.5	84.5	60.2931	60.45035
	C2	1.75	10.5	108.5	170.7615	159.5063
		3.15	10.5	108.5	148.6679	139.6951
		4.55	10.5	108.5	126.5742	119.8839
		5.95	10.5	108.5	104.4805	100.0727
		7.35	10.5	108.5	82.38679	80.26153
		8.75	10.5	108.5	60.2931	60.45035
Hopper plate	C4	4.018	3.75	60.5	99.74039	75.37502
		4.88	4.978	60.5	95.39982	77.87303
		5.774	6.255	60.5	90.91076	80.48908
		6.715	7.598	60.5	86.18149	83.23424
		7.703	9.006	60.5	81.2083	86.1011
		8.75	10.5	60.5	75.94524	89.15339
	C3	4.018	3.75	84.5	99.74039	75.37502
		4.88	4.978	84.5	95.39982	77.87303
		5.774	6.255	84.5	90.91076	80.48908
		6.715	7.598	84.5	86.18149	83.23424
		7.703	9.006	84.5	81.2083	86.1011
		8.75	10.5	84.5	75.94524	89.15339
	C2	4.018	3.75	108.5	99.74039	75.37502
		4.88	4.978	108.5	95.39982	77.87303
		5.774	6.255	108.5	90.91076	80.48908
		6.715	7.598	108.5	86.18149	83.23424
		7.703	9.006	108.5	81.2083	86.1011
		8.75	10.5	108.5	75.94524	89.15339
deep tank bhd	C4	0.95	3.75	60.5	211.189	114.3051
		2.49	3.75	60.5	179.6775	94.76392
		4.018	3.75	60.5	148.4115	75.37502
	C3	0.95	3.75	84.5	211.189	114.3051
		2.49	3.75	84.5	179.6775	94.76392
		4.018	3.75	84.5	148.4115	75.37502
	C2	0.95	3.75	108.5	211.189	114.3051
		2.49	3.75	108.5	179.6775	94.76392
		4.018	3.75	108.5	148.4115	75.37502

sekat tangki ballas	CH 4	1.75	10.5	60.5	174.5456	169.1785
		5.95	10.5	60.5	88.99036	94.76842
		8.75	10.5	60.5	31.95353	45.16168
	CH 3	1.75	10.5	84.5	174.5456	169.1785
		5.95	10.5	84.5	88.99036	94.76842
		8.75	10.5	84.5	31.95353	45.16168
	CH 2	1.75	10.5	108.5	174.5456	169.1785
		5.95	10.5	108.5	88.99036	94.76842
		8.75	10.5	108.5	31.95353	45.16168
		1.75	10.5	24.5	174.5456	0
		5.95	10.5	24.5	88.99036	0
		8.75	10.5	24.5	31.95353	0
sekat tangki ballas	CH 4	1.75	10.5	60.5	174.5456	169.1785
		5.95	10.5	60.5	88.99036	94.76842
		8.75	10.5	60.5	31.95353	45.16168
	CH 3	1.75	10.5	84.5	174.5456	169.1785
		5.95	10.5	84.5	88.99036	94.76842
		8.75	10.5	84.5	31.95353	45.16168
	CH 2	1.75	10.5	108.5	174.5456	169.1785
		5.95	10.5	108.5	88.99036	94.76842
		8.75	10.5	108.5	31.95353	45.16168

	KARGO TANK					
pelat kargo bawah	C4	1.915	0	60.5	180.2435	136.8777
	C3	1.915	0	84.5	180.2435	136.8777
	C2	1.915	0	108.5	180.2435	136.8777
Hopper plate	C4	4.018	3.75	60.5	160.8764	136.511
		4.88	4.978	60.5	152.202	134.6752
		5.774	6.255	60.5	143.2183	132.7966
		6.715	7.598	60.5	133.758	130.8108
		7.703	9.006	60.5	123.8175	128.7103
		8.75	10.5	60.5	113.2906	126.4987
	C3	4.018	3.75	84.5	160.8764	136.511
		4.88	4.978	84.5	152.202	134.6752
		5.774	6.255	84.5	143.2183	132.7966
		6.715	7.598	84.5	133.758	130.8108
		7.703	9.006	84.5	123.8175	128.7103
		8.75	10.5	84.5	113.2906	126.4987
	C2	4.018	3.75	108.5	160.8764	136.511
		4.88	4.978	108.5	152.202	134.6752
		5.774	6.255	108.5	143.2183	132.7966
		6.715	7.598	108.5	133.758	130.8108
		7.703	9.006	108.5	123.8175	128.7103
		8.75	10.5	108.5	113.2906	126.4987
side plate	C4	8.75	10.5	60.5	97.63841	97.79566
		10.365	10.5	60.5	72.15176	74.94204
		11.865	10.5	60.5	48.47996	53.71577
		13.2	10.5	60.5	27.41205	34.8244
	C3	8.75	10.5	84.5	97.63841	97.79566
		10.365	10.5	84.5	72.15176	74.94204
		11.865	10.5	84.5	48.47996	53.71577
		13.2	10.5	84.5	27.41205	34.8244
	C2	8.75	10.5	108.5	97.63841	97.79566
		10.365	10.5	108.5	72.15176	74.94204
		11.865	10.5	108.5	48.47996	53.71577
		13.2	10.5	108.5	27.41205	34.8244
deck plate	C4	13.2	6.875	60.5	31.58132	43.16312
	C3	13.2	6.875	84.5	31.58132	43.16312
	C2	13.2	6.875	108.5	31.58132	43.16312

sekat corgtd	CH 4	1.915	0	60.5	179.2445	135.4004
		8.75	0	84.5	74.37731	48.67062
		13.2	0	108.5	6.102413	-7.79574
	CH 3	1.915	0	60.5	179.2445	135.4004
		8.75	0	84.5	74.37731	48.67062
		13.2	0	108.5	6.102413	-7.79574
	CH 2	1.915	0	60.5	179.2445	135.4004
		8.75	0	84.5	74.37731	48.67062
		13.2	0	108.5	6.102413	-7.79574
sekat corgtd	CH 4	1.915	0	60.5	179.2445	135.4004
		8.75	0	84.5	74.37731	48.67062
		13.2	0	108.5	6.102413	-7.79574
	CH 3	1.915	0	60.5	179.2445	135.4004
		8.75	0	84.5	74.37731	48.67062
		13.2	0	108.5	6.102413	-7.79574
	CH 2	1.915	0	60.5	179.2445	135.4004
		8.75	0	84.5	74.37731	48.67062
		13.2	0	108.5	6.102413	-7.79574

Lee side

					P1	R1
bagian	ruang muat	z	y	x	Pbw+Pbs	Pbw+Pbs
bottom plate	CH4	0	0	60.5	220.151	181.9005
	CH3	0	0	84.5	220.151	181.9005
	CH2	0	0	108.5	220.151	181.9005
side girder 1	C4	0	1.875	60.5	165.131	132.2121
		0.475	1.875	60.5	158.3037	127.7197
		0.95	1.875	60.5	151.4764	123.2272
	C3	0	1.875	84.5	165.131	132.2121
		0.475	1.875	84.5	158.3037	127.7197
		0.95	1.875	84.5	151.4764	123.2272
	C2	0	1.875	108.5	165.131	132.2121
		0.475	1.875	108.5	158.3037	127.7197
		0.95	1.875	108.5	151.4764	123.2272
side girder 2	C4	0	3.75	60.5	162.7522	133.5475
		0.475	3.75	60.5	155.7605	128.5069
		0.95	3.75	60.5	148.7687	123.4663
	C3	0	3.75	84.5	162.7522	133.5475
		0.475	3.75	84.5	155.7605	128.5069
		0.95	3.75	84.5	148.7687	123.4663
	C2	0	3.75	108.5	162.7522	133.5475
		0.475	3.75	108.5	155.7605	128.5069
		0.95	3.75	108.5	148.7687	123.4663
center girder	C4	0	0	60.5	157.9574	121.3243
		0.475	0	60.5	156.0708	122.1562
		0.95	0	60.5	154.1841	122.9882
	C3	0	0	84.5	167.5099	130.8768
		0.475	0	84.5	160.847	126.9325
		0.95	0	84.5	154.1841	122.9882
	C2	0	0	108.5	167.5099	130.8768
		0.475	0	108.5	160.847	126.9325
		0.95	0	108.5	154.1841	122.9882
inner bottom plate	C4	0.95	0	60.5	149.3559	116.1588
	C3	0.95	0	84.5	149.3559	116.1588
	C2	0.95	0	108.5	149.3559	116.1588
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
bottom plate	C4	0	0	60.5	170.1493	127.3699
		0	0	60.5	175.0763	132.2969
		0	0	60.5	180.0034	137.224
		0	0	60.5	184.7294	141.95
	C3	0	0	84.5	170.1493	132.2969
		0	0	84.5	175.0763	137.224
		0	0	84.5	180.0034	141.95
		0	0	84.5	184.7294	127.3699
	C2	0	0	108.5	170.1493	132.2969
		0	0	108.5	175.0763	137.224
		0	0	108.5	180.0034	141.95
		0	0	108.5	184.7294	128.6268

side plate	C4	1.75	10.5	60.5	165.4637	151.7292
		3.15	10.5	60.5	143.1115	131.0563
		4.55	10.5	60.5	120.7593	110.3834
		5.95	10.5	60.5	98.40711	89.71058
		7.35	10.5	60.5	76.05492	69.03772
		8.75	10.5	60.5	53.70273	48.36486
	C3	1.75	10.5	84.5	165.4637	151.7292
		3.15	10.5	84.5	143.1115	131.0563
		4.55	10.5	84.5	120.7593	110.3834
		5.95	10.5	84.5	98.40711	89.71058
		7.35	10.5	84.5	76.05492	69.03772
		8.75	10.5	84.5	53.70273	48.36486
	C2	1.75	10.5	108.5	165.4637	151.7292
		3.15	10.5	108.5	143.1115	131.0563
		4.55	10.5	108.5	120.7593	110.3834
		5.95	10.5	108.5	98.40711	89.71058
		7.35	10.5	108.5	76.05492	69.03772
		8.75	10.5	108.5	53.70273	48.36486
Hopper plate	C4	4.018	-3.75	60.5	117.6049	104.0407
		4.88	-4.978	60.5	106.5462	96.2807
		5.774	-6.255	60.5	94.6561	86.84644
		6.715	-7.598	60.5	81.68832	75.40199
		7.703	-9.006	60.5	67.57618	61.72016
		8.75	-10.5	60.5	52.05513	45.34348
	C3	4.018	-3.75	84.5	117.6049	104.0407
		4.88	-4.978	84.5	106.5462	96.2807
		5.774	-6.255	84.5	94.6561	86.84644
		6.715	-7.598	84.5	81.68832	75.40199
		7.703	-9.006	84.5	67.57618	61.72016
		8.75	-10.5	84.5	52.05513	45.34348
	C2	4.018	-3.75	108.5	117.6049	104.0407
		4.88	-4.978	108.5	106.5462	96.2807
		5.774	-6.255	108.5	94.6561	86.84644
		6.715	-7.598	108.5	81.68832	75.40199
		7.703	-9.006	108.5	67.57618	61.72016
		8.75	-10.5	108.5	52.05513	45.34348
deep tank bhd	C4	0.95	-3.75	60.5	162.9059	137.0698
		2.49	-3.75	60.5	140.1668	120.4907
		4.018	-3.75	60.5	117.6049	104.0407
	C3	0.95	-3.75	84.5	162.9059	137.0698
		2.49	-3.75	84.5	140.1668	120.4907
		4.018	-3.75	84.5	117.6049	104.0407
	C2	0.95	-3.75	108.5	162.9059	137.0698
		2.49	-3.75	108.5	140.1668	120.4907
		4.018	-3.75	108.5	117.6049	104.0407
		0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0
pelat kargo bawah	C4	1.915	0	60.5	216.2097	190.0586
	C3	1.915	0	84.5	216.2097	168.9124
	C2	1.915	0	108.5	216.2097	160.2448

Hopper plate	C4	4.018	3.75	60.5	178.7409	165.1767
		4.88	4.978	60.5	163.3484	153.0829
		5.774	6.255	60.5	146.9636	139.154
		6.715	7.598	60.5	129.2648	122.9785
		7.703	9.006	60.5	110.1854	104.3294
		8.75	10.5	60.5	89.40044	82.68879
	C3	4.018	3.75	84.5	178.7409	165.1767
		4.88	4.978	84.5	163.3484	153.0829
		5.774	6.255	84.5	146.9636	139.154
		6.715	7.598	84.5	129.2648	122.9785
		7.703	9.006	84.5	110.1854	104.3294
		8.75	10.5	84.5	89.40044	82.68879
	C2	4.018	3.75	108.5	178.7409	165.1767
		4.88	4.978	108.5	163.3484	153.0829
		5.774	6.255	108.5	146.9636	139.154
		6.715	7.598	108.5	129.2648	122.9785
		7.703	9.006	108.5	110.1854	104.3294
		8.75	10.5	108.5	89.40044	82.68879
side plate	C4	8.75	10.5	60.5	91.04803	85.71016
		10.365	10.5	60.5	65.26319	61.86254
		11.865	10.5	60.5	41.31441	39.71305
		13.2	10.5	60.5	20	20
	C3	8.75	10.5	84.5	91.04803	85.71016
		10.365	10.5	84.5	65.26319	61.86254
		11.865	10.5	84.5	41.31441	39.71305
		13.2	10.5	84.5	20	20
	C2	8.75	10.5	108.5	91.04803	85.71016
		10.365	10.5	108.5	65.26319	61.86254
		11.865	10.5	108.5	41.31441	39.71305
		13.2	10.5	108.5	20	20
deck plate	C4	13.2	6.875	60.5	33.43433	46.86922
	C3	13.2	6.875	84.5	33.43433	26.86922
	C2	13.2	6.875	108.5	33.43433	26.86922

LC 15 dan LC 16, sarat : 4,288 m

Kondisi ini beban internal ruang muat dan beban tekanan air laut bersifat statik.

Beban internal ruang muat

Bagian	Ruang muat	pc (t/m3)	g (m/s2)	z (m)	y (m)	x (m)	α		ψ		Kc	Pcs (kN/m2)	Pcs-s (kN/m2)	Pcs
							derajad	radian	derajad	radian				
pelat r.muat bawah	CH 4	1	9.81	1.915	0	24.5	0	0	30	0.5236	1	102.4130611	-	102.4130611
	CH 4	1	9.81	1.915	0	60.5	0	0	30	0.5236	1	102.4130611	-	102.4130611
	CH 3	1	9.81	1.915	0	60.5	0	0	30	0.5236	1	111.1325908	-	111.1325908
	CH 3	1	9.81	1.915	0	84.5	0	0	30	0.5236	1	111.1325908	-	111.1325908
	CH 2	1	9.81	1.915	0	84.5	0	0	30	0.5236	1	111.1325908	-	111.1325908
	CH 2	1	9.81	1.915	0	108.5	0	0	30	0.5236	1	111.1325908	-	111.1325908
side plate	CH 4	1	9.81	8.75	10.5	24.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	10.7808289	0	10.7808289
		1	9.81		10.5	60.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	10.7808289	0	10.7808289
		1	9.81	10.85	10.5	24.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	0.480328895	0	0.480328895
		1	9.81		10.5	60.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	0.480328895	0	0.480328895
	CH 3	1	9.81	8.75	10.5	60.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	15.14059376	0	15.14059376
		1	9.81		10.5	84.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	15.14059376	0	15.14059376
		1	9.81	11.75	10.5	60.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	0.425593757	0	0.425593757
		1	9.81		10.5	84.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	0.425593757	0	0.425593757
	CH 2	1	9.81	8.75	10.5	84.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	15.14059376	0	15.14059376
		1	9.81		10.5	108.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	15.14059376	0	15.14059376
		1	9.81	11.75	10.5	84.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	0.425593757	0	0.425593757
		1	9.81		10.5	108.5	90	1.5708	30	0.5236	0.5	0.425593757	0	0.425593757
Hopper plate	CH 4	1	9.81	1.92	0.75	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	85.56662826	24.05919944	109.6258277
		1	9.81	1.92	0.75	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	2.63727	3.750	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	2.63727	3.750	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	79.64668348	22.39465878	102.0413423
		1	9.81	4.01811	4.364	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.01811	4.364	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.44864	4.978	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	68.32889851	19.21238023	87.54127874
		1	9.81	4.44864	4.978	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.44864	4.978	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.32116	5.608	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	64.80014358	18.22018244	83.02032602
		1	9.81	5.32116	5.608	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.32116	5.608	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.77465	6.255	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	56.86246692	15.98830596	72.85077287
		1	9.81	5.77465	6.255	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.77465	6.255	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.23962	6.918	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	51.72458787	14.54366265	66.26825052
		1	9.81	6.23962	6.918	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.23962	6.918	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.71606	7.598	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	46.45747615	13.06268234	59.5201585
		1	9.81	6.71606	7.598	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.71606	7.598	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.20399	8.294	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	41.05901755	11.54477057	52.60378812
		1	9.81	7.20399	8.294	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.20399	8.294	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.7034	9.007	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	35.53124431	9.990498757	45.52174307
		1	9.81	7.7034	9.007	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.7034	9.007	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	8.21719	9.739	24.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	29.87204222	8.399272427	38.27131464
		1	9.81	8.21719	9.739	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	8.21719	9.739	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	24.0532496	6.763173225	30.81642282
		1	9.81	8.21719	9.739	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			

Hopper plate	CH 3	1	9.81	1.92	0.75	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	92.85183926	26.10761888	118.9594581
		1	9.81	1.92	0.75	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	2.63727	3.750	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	86.93189448	24.44307821	111.3749727
		1	9.81	2.63727	3.750	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.01811	4.364	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	75.61410951	21.26079966	96.87490917
		1	9.81	4.01811	4.364	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.44864	4.978	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	72.08535457	20.26860188	92.35395645
		1	9.81	4.44864	4.978	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.32116	5.608	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	64.14767791	15.98830596	80.13598387
		1	9.81	5.32116	5.608	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.77465	6.255	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	59.00979886	16.59208208	75.60188095
		1	9.81	5.77465	6.255	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.23962	6.918	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	53.74268715	15.11110178	68.85378893
		1	9.81	6.23962	6.918	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.71606	7.598	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	48.34422854	13.59319001	61.93741855
		1	9.81	6.71606	7.598	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.20399	8.294	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	42.81645531	12.03891819	54.8553735
		1	9.81	7.20399	8.294	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.7034	9.007	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	37.15725321	10.44769186	47.60494507
		1	9.81	7.7034	9.007	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	8.21719	9.739	60.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	31.33846059	8.81159266	40.15005325
		1	9.81	8.21719	9.739	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
Hopper plate	CH 2	1	9.81	1.92	0.75	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	92.85183926	26.10761888	118.9594581
		1	9.81	1.92	0.75	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	2.63727	3.750	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	86.93189448	24.44307821	111.3749727
		1	9.81	2.63727	3.750	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.01811	4.364	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	75.61410951	21.26079966	96.87490917
		1	9.81	4.01811	4.364	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	4.44864	4.978	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	72.08535457	20.26860188	92.35395645
		1	9.81	4.44864	4.978	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.32116	5.608	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	64.14767791	18.03672539	82.1844033
		1	9.81	5.32116	5.608	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	5.77465	6.255	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	59.00979886	16.59208208	75.60188095
		1	9.81	5.77465	6.255	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.23962	6.918	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	53.74268715	15.11110178	68.85378893
		1	9.81	6.23962	6.918	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	6.71606	7.598	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	48.34422854	13.59319001	61.93741855
		1	9.81	6.71606	7.598	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.20399	8.294	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	42.81645531	12.03891819	54.8553735
		1	9.81	7.20399	8.294	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	7.7034	9.007	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	37.15725321	10.44769186	47.60494507
		1	9.81	7.7034	9.007	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			
		1	9.81	8.21719	9.739	84.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551	31.33846059	8.81159266	40.15005325
		1	9.81	8.21719	9.739	108.5	35	0.61087	30	0.5236	0.83551			

transverse bulkhead	CH 4	1	9.81	1.915	10.5	24.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	44.3065039	-	44.3065039
		1	9.81		10.5	60.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	44.3065039	-	44.3065039
		1	9.81	8.75	10.5	24.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	0	-	0
		1	9.81		10.5	60.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	0	-	0
	CH 3	1	9.81	1.915	10.5	60.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	48.66626876	-	48.66626876
		1	9.81		10.5	84.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	48.66626876	-	48.66626876
		1	9.81	8.75	10.5	60.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	0	-	0
		1	9.81		10.5	84.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	0	-	0
	CH 2	1	9.81	1.915	10.5	84.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	48.66626876	-	48.66626876
		1	9.81		10.5	108.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	48.66626876	-	48.66626876
		1	9.81	8.75	10.5	84.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	0	-	0
		1	9.81		10.5	108.5	90	1.5708	30	0.523598776	0.5	0	-	0

LAMPIRAN F

PERHITUNGAN MOMEN BENDING

VERTIKAL

Perhitungan Momen Bending Vertikal

- hogging conditions:

$$M_{SW,H} = 175CL^2B(C_B + 0.7)10^{-3} - M_{WV,H}$$

- sagging conditions:

$$M_{SW,S} = 175CL^2B(C_B + 0.7)10^{-3} - M_{WV,S}$$

C : Wave parameter, taken equal to:

$$C = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1.5} \quad \text{for } 90 \leq L < 300\text{m}$$

$$C = 10.75 \quad \text{for } 300 \leq L < 350\text{m}$$

UKURAN UTAMA KAPAL		
L =	143.5	m
B =	21	m
T =	6.4	m
Cb =	0.8	

$$C = 10.5 - ((300 - 143.5)/100)^{1.5}$$

$$= 8.792185625$$

$$F_M = 1 \quad (\text{untuk daerah } 0.4L \leq x \leq 0.65L)$$

$$F_p = 1 \quad (\text{untuk faktor probabilitas } 10^{-8})$$

$$M_{WV,H} = 190 \times 1 \times 1 \times 8.54219 \times 143.5^2 \times 21 \times 0.8 \times 10^{-3}$$

$$= 577914.4232 \text{ kNm}$$

$$M_{WV,S} = 110 \times 1 \times 1 \times 8.54219 \times 143.5^2 \times 21 \times (0.8 + 0.7) \times 10^{-3}$$

$$627341.3146 \text{ kNm}$$

$$M_{SW,H} = 175 \times 8.54219 \times 143.5^2 \times 21 \times (0.8 + 0.7) \times 10^{-3} - 561481.8$$

$$= 420128.5774 \text{ kNm}$$

$$M_{SW,S} = 175 \times 8.54219 \times 143.5^2 \times 21 \times (0.8 + 0.7) \times 10^{-3} - 609503.3$$

$$= 370701.6859 \text{ kNm}$$

Tabel hasil perhitungan momen bending vertikal:

No.	Loading Condition	Msw (kNm)		Beban diambil		Load case
		H	S			
1, 2	Full Load	420128.6	370702	0.5Msw, s	185350.8	P1
3, 4	Slack Load	420128.6	370702	0	0	
5	Deepest Ballast	420128.6	370702	Msw, H	420128.6	R1
				Msw, s	370701.7	R1
				Msw, s	370701.7	P1
6, 7	Multi Port 3	420128.6	370702	Msw, s	370701.7	H1
8, 9	Multi Port 4	420128.6	370702	Msw, s	370701.7	P1
				Msw, H	420128.6	F2
10	Alternate Load	420128.6	370702	Msw, H	420128.6	F2
11, 12	Alt. Block Load	420128.6	370702	Msw, s	370701.7	H1
				Msw, H	420128.6	F2
				Msw, s	370701.7	P1
13	Heavy Ballast	420128.6	370702	Msw, s	370701.7	H1
				Msw, s	370701.7	R1
14	Heavy Ballast	420128.6	370702	Msw, s	370701.7	R1

BIODATA PENULIS



Rizki Yanuar Ardianto, itulah nama lengkap Penulis. Dilahirkan di Tulungagung pada 28 Januari 1993, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar mulai TK Dharma Wanita Wisma Indah Tulungagung, kemudian dilanjutkan SDN Kenayan 1 Tulungagung, SMPN 1 Tulungagung, dan SMAN 1 Kedungawaru Tulungagung. Setelah lulus SMA Penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2011 melalui jalur tes tulis atau SBMPTN.

Di Jurusan Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis aktif di beberapa organisasi yang ada di ITS. Penulis tercatat pernah menjadi staf Departemen PSDM Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (Himatekpal) periode 2012/2013, staf Manajemen SRD BSO IECC BEM ITS periode 2012/2013, dan Manajer SRD BSO IECC BEM ITS periode 2013/2014.

Penulis juga menguasai beberapa software penunjang ilmu perkapalan seperti Autocad, Maxsurf (Design of Hull), dan ANSYS Mechanical APDL (Structure).

Email: rizki.yanuar.ardianto@gmail.com